KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

GAS TURBINE ENGINE

XI

SEMESTER 4

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Didalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. BukuSiswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus **dilakukan** peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus **dilakukan** peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014

Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

DAFTAR ISI

BAB

1

PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku Teks Bahan Ajar Siswa Gas Turbine Engine ini digunakan sebagai buku sumber pada kegiatan belajar untuk pencapaian kompetensi siswa pada Mata Pelajaran Gas Turbine Engine, Sebagai Dasar Program Keahlian pada Kelompok Kejuruan Program Keahlian Teknologi Pesawat Udara Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa.

Buku Teks Bahan Ajar Siswa Gas Turbine Engine terdiri atas 4 jilid buku. Buku Gas Turbine Engine 2 digunakan untuk pembelajaran Kelas XI semester 4. Pada buku jilid 2 ini dibahas materi belajar yang meliputi;

1. Mekanisme pada Gas Turbine Engine
2. Auxiliary Power Unit (APU),
3. Powerplant Installation
4. Engine Monitoring and Ground Operation
5. Engine Storage and Preservation
6. Safety Precaution

Buku Teks Bahan Ajar Siswa Gas Turbine Engine disusun berdasarkan penguasaan konsep dan prinsip serta keterampilan teknis keahlian sehingga setelah mempelajari buku ini, siswa memiliki penguasaan pelaksanaan pekerjaan Perawatan Gas Turbine Engine.

B. Prasyarat

Kemampuan awal Siswa sebelum mempelajari Buku Teks Bahan Ajar Siswa "Gas Turbine Engine" yaitu siswa telah memiliki pengetahuan dan pemahaman tentang konsep gambar teknik, matematika,aerodinamika,maintenance practice.

C. Petunjuk Penggunaan

1. Petunjuk penggunaan bagi Siswa :

a. Siswa harus memahami mata pelajaran atau materi yang menjadi prasyarat pembelajaran modul ini, yaitu gambar teknik,matematika dan aerodinamika,maintenance practice.
b. Lakukan kegiatan pembelajaran secara berurutan dari bab 1 ke bab berikutnya.
c. Pelajari dan pahami setiap uraian materi dengan seksama.
d. Lakukan kegiatan yang diberikan pada uraian materi pembelajaran. Kegiatan tersebut dirancang dalam bentuk; Eksplorasi, Diskusikan dan Simpulkan serta kegiatan Asosiasi.
e. Kegiatan praktik kejuruan dilaksanakan dalam bentuk latihan keterampilan, kerjakan latihan tersebut dibawah pengawasan guru.
f. Persiapkan alat dan bahan yang digunakan pada setiap pembelajaran untuk menyelesaikan tugas dan evaluasi hasil belajar
g. Lakukan setiap kegiatan dengan tekun, teliti dan hati-hati.

h. Jawablah soal evaluasi pada bagian Review secara individual
i. Jawablah soal evaluasi pada bagian penerapan dan diskusikan dikelas hasil jawaban tersebut.
j. Lakukan tugas proyek yang diberikan pada soal evaluasi bagian tugas proyek secara individu atau kelompok, lalu presentasikan dikelas hasil pelaksanaan tugas proyek tersebut.
k. Uji kompetensi kejuruan adalah tugas proyek individual untuk mengevaluasi capaian keterampilan siswa, kerjakan uji kompetensi sesuai petunjuk.
l. Siswa dinyatakan tuntas menyelesaikan materi pada bab terkait, jika Siswa menyelesaikan kegiatan yang ditugaskan dan menyelesaikan kegiatan evaluasi dengan nilai minimal sama dengan Kriteria Kelulusan Minimal (KKM).

2. Peran Guru:

a. Merencanakan kegiatan pembelajaran siswa selama satu semester sesuai silabus.
b. Membantu Siswa dalam merencanakan proses belajar
c. Membantu Siswa dalam memahami konsep dan praktik.
d. Memberikan motivasi, membimbing dan mengarahkan siswa dalam melakukan kegiatan yang diberikan pada uraian materi pembelajaran. Kegiatan tersebut dirancang dalam bentuk; Eksplorasi, Diskusi dan Asosiasi.
e. Menekankan, selalu mengecek dan memfasilitasi penggunaan K3 sesuai kegiatan yang dilaksanakan.
f. Memberikan contoh, memandu dan melakukan pengawasan pelaksanaan tugas siswa yang berkaitan dengan pembelajaran praktik di lab atau bengkel kerja.
g. Membantu Siswa untuk menetukan dan mengakses sumber belajar lain yang diperlukan untuk kegiatan pembelajaran.
h. Merencanakan seorang ahli/pendamping guru dari tempat kerja/industri untuk membantu jika diperlukan
i. Merencanakan proses penilaian dan menyiapkan perangkatnya
j. Memeriksa seluruh hasil pekerjaan siswa baik berupa hasil pelaksanaan kegiatan maupun jawaban dari evaluasi belajar.
k. Mencatat dan melaporkan pencapaian kemajuan Siswa kepada yang berwenang.

D. Tujuan Akhir

Hasil akhir dari seluruh kegiatan belajar dalam buku teks bahan ajar siswa ini adalah Siswa;

1) Menganalisis mekanisme pada *Gas Turbine Engine*
2) Menalar konsep dasar prinsif kerja Auxiliary Power Unit (APU)
3) Merawat komponen-komponen powerplant installation
4) Melaksanakan engine monitoring dan ground operation
5) Melaksanakan engine storage and preservation
6) Melaksanakan safety precaution
7) Mampu menggunakan alat ukur untuk keperluan perawatan gas turbine engine sesuai fungsi dan prosedur.
8) Mampu memilih perkakas tangan dan mekanik perawatan gas turbine engine sesuai fungsi
9) Mampu menggunakan perkakas tangan dan mekanik perawatan gas turbine engine sesuai SOP

E. Kompetensi Inti Dan Kompetensi Dasar

BIDANG KEAHLIAN : TEKNOLOGI DAN REKAYASA

PROGRAM KEAHLIAN : TEKNOLOGI PESAWAT UDARA

MATA PELAJARAN : GAS TURBINE ENGINE

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)		KOMPETENSI DASAR
KI-1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1	Menyadari sempurnanya konsep Tuhan te benda dengan fenomenanya untuk dipergunakandalamperawatan gas turbin
	1.2	Mengamalkannilai-nilaiajaran agama seba dalampenggunaan gas turbine engine.
KI-2 Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara	2.1	Mengamalkanperilakujujur, disiplin, teliti, ingintahu, inovatif dan tanggungjawabda menerapkan aturan penggunaan gas turb
	2.2	Menghargaikerjasama, toleransi, damai, sa demokratis, dalammenyelesaikanmasalahperbedaank ncara melakukanperawatan gas turbine en

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)	KOMPETENSI DASAR
efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	
KI-3 Memahami,menerapkandanmenganalisispengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidangkerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1 Memahami konsep dasar prinsip kerja GT *Fundamentals*) *3.2* MenerapkanEngine *Performance* 3.3 Mengevaluasi bagian-bagian GTE (*Air Inlet* *Combustion Section, Turbine Section, Exhau* 3.4 Menganalisis *Bearing and Seals* *3.5* Mengevaluasi berbagai *Engine Indication* *instrument)* *3.6* Menganalisis mekanisme pada *Gas Turbi* *(Turboprop, TurboShaft, turbojet, turbofan)* *3.7* Memahami fungsi dan prinsip kerja *Auxil* *(APUs)* 3.8 Memahami komponen-komponen pada Po Installation 3.9 Memahami*Engine Monitoring and Ground* 3.10 Menerapkan*Engine Storage and Preservati* 3.11 Menerapkan*safety precaution*
KI-4 Mengolah, menalar, danmenyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampumelaksanakantugasspesifik di bawahpengawasanlangsung.	4.1 Menalar konsep dasar prinsip kerja GTE (G *Fundamentals*) *4.2* Menguji *Engine Performance* 4.3 Merawat bagian-bagian GTE (*Air Inlet, Com* *Combustion Section, Turbine Section, Exhau* 4.4 Merawat *Bearing and Seals* *4.5* Menguji berbagai *Engine Indication (engine* *4.6* Menalar mekanisme pada *Gas Turbine Engir* *TurboShaft, turbojet, turbofan)* *4.7 Merawat Auxiliary Power Units (APUs)* 4.8 Merawat komponen-komponen pada Pow Installation

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)	KOMPETENSI DASAR
	4.9 Melaksanakan *Engine Monitoring and Groun*
	4.10 Melaksanakan *Engine Storage and Preserv*
	4.11 Melaksanakankan*safety precaution*

F. Cek Kemampuan Awal

Berilah tanda silang (x) pada tabel dibawah ini, dengan pilihan “ya” atau “tidak” dengan sikap jujur dan dapatdipertanggungjawabkan untuk mengetahui kemampuan awal yang telah Kamu (Siswa) miliki.

No	**Kompetensi Dasar**	**Pernyataan**	**Dapat Melakukan Pekerjaan Dengan Kompeten**		**Jika “Ya” Kerjakan**
			Ya	**Tidak**	
1	Menalar mekanisme pada *Gas Turbine Engine (Turboprop, TurboShaft, turbojet, turbofan)*	Dapat menjelaskan mekanisme berbagai jenis gas turbine engine			Evaluasi Belajar Bab 2
2	*Merawat Auxiliary Power Units (APUs)*	Dapat menjelaskan prinsif kerja auxiliary power units (APU)			Evaluasi Belajar Bab 3
		Dapat menjelaskan fungsi bagian-bagian auxiliary power unit			
		Dapat merawat auxiliary power units			

No	Kompetensi Dasar	Pernyataan	Dapat Melakukan Pekerjaan Dengan Kompeten		Jika "Ya" Kerjakan
			Ya	Tidak	
3	Merawat komponen-komponen pada Powerplant Installation	Dapat menjelaskan macam-macam lokasi titik pemasangan engine			Evaluasi Belajar Bab 4
		Dapat menjelaskan komponen-kmponen yang diperlukan untuk pemasangan engine			
4	Melaksanakan *Engine Monitoring and Ground Operation*	Dapat melakukan monitoring turbine engine			Evaluasi Belajar Bab 5
		Dapat melakukan ground operation turbine engine			
5	Melaksanakan *Engine Storage and Preservation*	Dapat melaksanakan engine storage			Evaluasi Belajar Bab 6
		Dapat melaksanakan engine preservation			
6	Melaksanakankan *safety precaution*	Dapat menjelaskan safety precaution			Evaluasi Bab 7
		Dapat melaksanakan engine safety precaution			

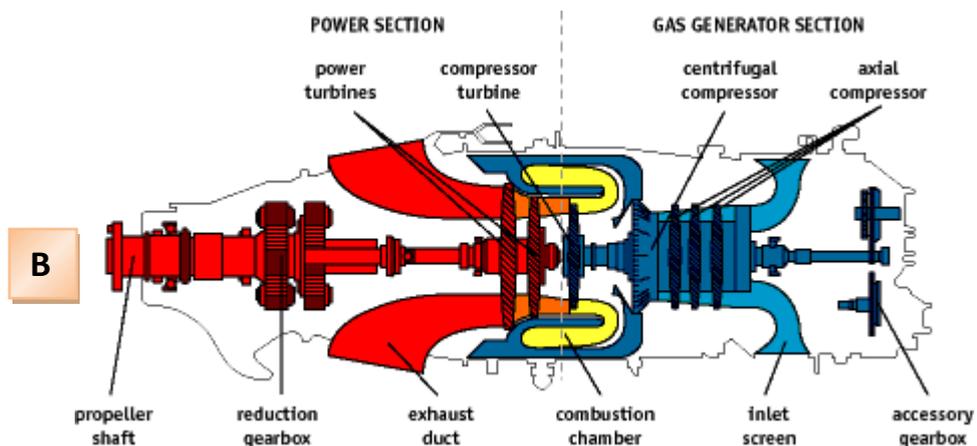
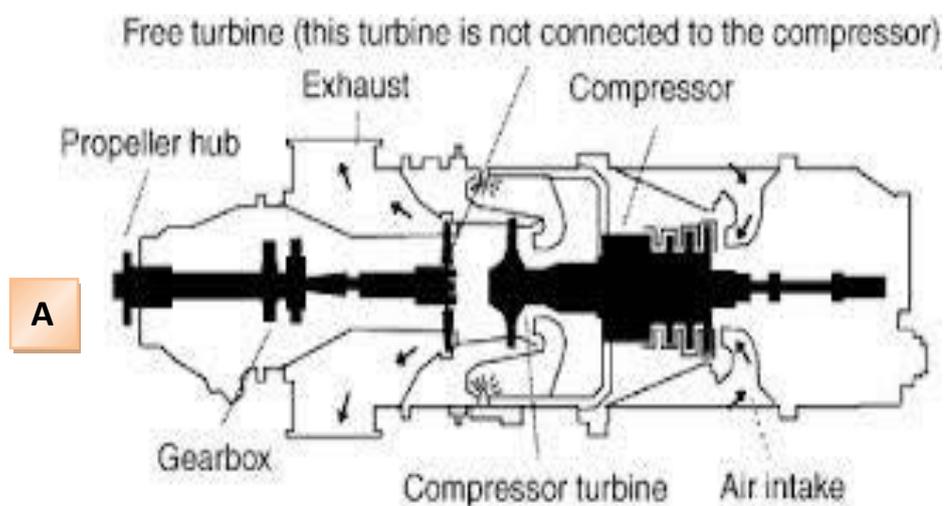
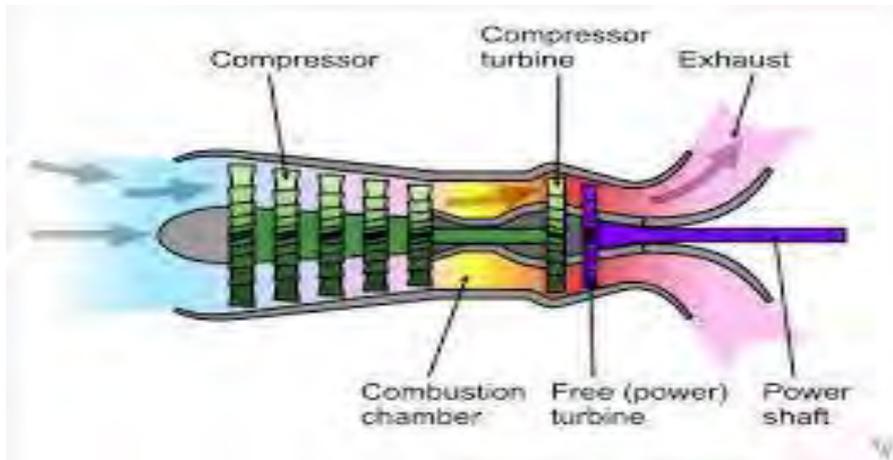
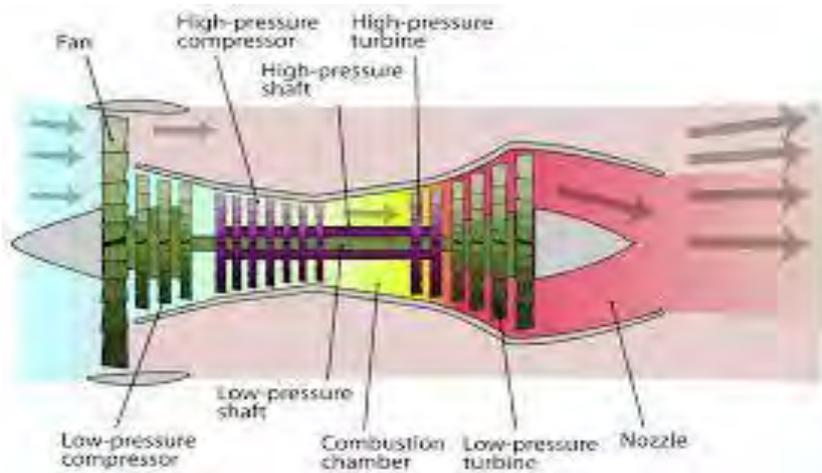
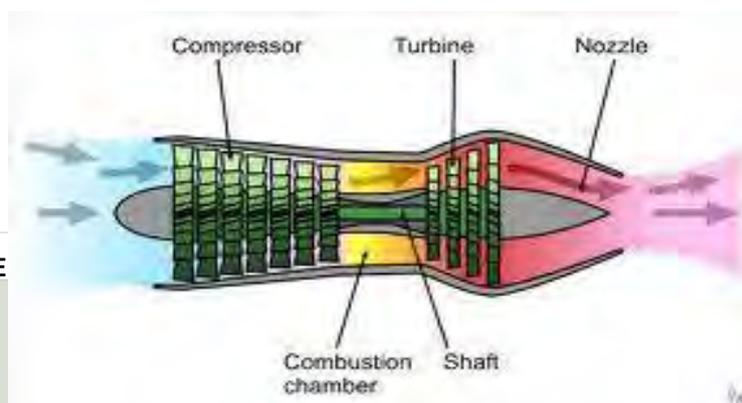
BAB 2 Mekanisme pada *Gas Turbine Engine* *(Turboprop, TurboShaft, Turbojet, Turbofan)*

A FREE TURBINE DAN GEAR COUPLE TURBINE

FREE TURBINE

Free turbine artinya turbine tersebut tidak dihubungkan dengan kompresor. Dalam mekanisme engine yang menggunakan sistem free turbine memiliki 2 kategori turbine yaitu : 1)***compressor turbine*** dan 2)***free turbine/power turbine.*** Compressor turbine dipasang satu poros dengan rakitan kompresor (compressor assembly), sedangkan free turbine dihubungkan satu poros dengan pembangkit gaya dorong (thrust) seperti propeller untuk jenis engine turbopropeller ,fan untuk jenis engine turbofan, rotor blade untuk jenis engine turboshaft (helicopter), dan untuk jenis turbojet power yang

dihasilkan free turbine langsung dipancarkan ke exhaust .Setelah engine beroperasi masing-masing turbine mempunyai tugas yang berbeda, compressor turbine berfungsi untuk memutarkan kompresor , sedangkan *free turbine* atau disebut juga *power turbine* memberikan tenaganya ke mekanisme penghasil gaya dorong (thrust) bisa melalui gear box atau langsung.

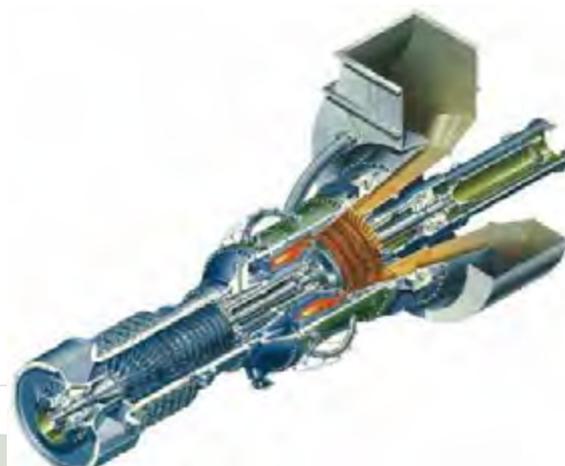
Dengan demikian mekanisme free turbine untuk semua jenis turbine engine secara umum adalah sama, dan untuk menambah pemahaman tentang free turbine , Anda bisa cermati gambar mekanisme free turbine untuk engine turboprop, turboshaft,turbofan dan turbojet .

Gambar 1: A dan B free turbine dalam turbopropeller

Gambar 2: free turbine dalam turboshaft

Gambar 3: free turbine dalam turbofan

Gambar 4 : free turbine dalam turbojet

Gear Couple Turbine

Sebuahkoplinginersiadisediakan secara substansial untukmencegahvariasikecepatan rotasi free turbindalammesinturbingas yang memiliki beberapa poros (multishaft)dalam menanggapikondisi perpindahan beban sementara . Koplinginersiaterdiri darisusunan gear yang memilikikomponenberputarpertama dan kedua ,masing-masingdigerakkan oleh tenaga *free turbine* danolehbagian *gas generator*darimesinturbin gasuntuk bersama-samamenggerakkanmassainersiaputaran bebas. Massainersiadiputarpada kecepatan konstanselama operasimesintetap/satabildanmemberikaninersia rotasi yang cukup, selamakondisi perpindahan bebanuntukmemasangkandaya turbinbebas (free turbine)sementarakebagian gas generatoruntuk mempertahankan kecepatan tenaga turbinbebas (free turbine) secarakonstan selamapenyetelan kontrolbahan bakar engine untukmengakomodasi perubahan beban mesin .

Poros Coupling untuk memutarkan sistem gear turbin gas

Sebuah rakitan poros kopling untuk mesin turbin gas termasuk bagian depan poros kopling dengan interface spline bagian depan dan poros tengah interface spline bagian depan dan poros kopling bagian belakang mencakup poros tengah interface spline bagian belakang dan intersface spline bagian belakang. Poros tengah interface spline bagian belakang berhubungan dengan poros tengah interface spline bagian depan.

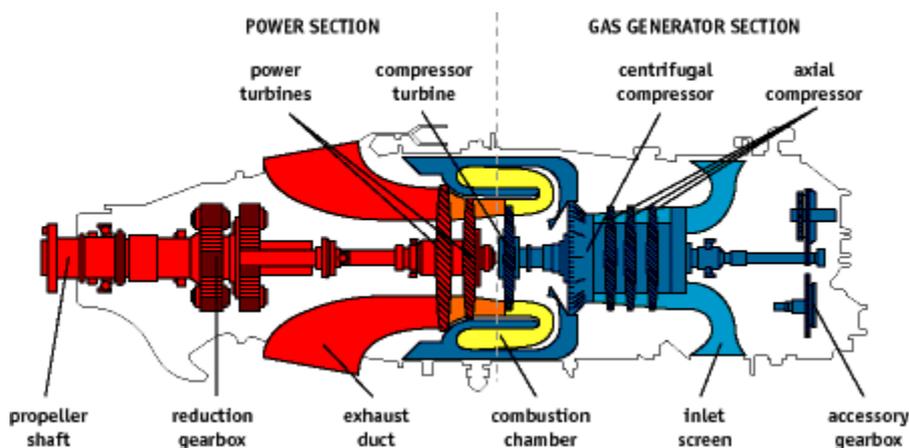
Sebuah mesin turbin gas terdiri dari bagian poros kopling ke depan sepanjang sumbu longitudinal mesin , bagian poros kopling depan termasuk interface spline depan dihubungkan dengan sistem gigi planet dan poros tengah interface spline depan dan bagian poros kopling belakang sepanjang sumbu longitudinal mesin . Bagian poros kopling belakang termasuk interface spline belakang dihubungkan dengan spool tekanan rendah dan sumbu poros tengah interface spline dan berhubungan dengan poros tengah interface spline bagian depan. .

Gambar 5: High Performance Gear Coupling.

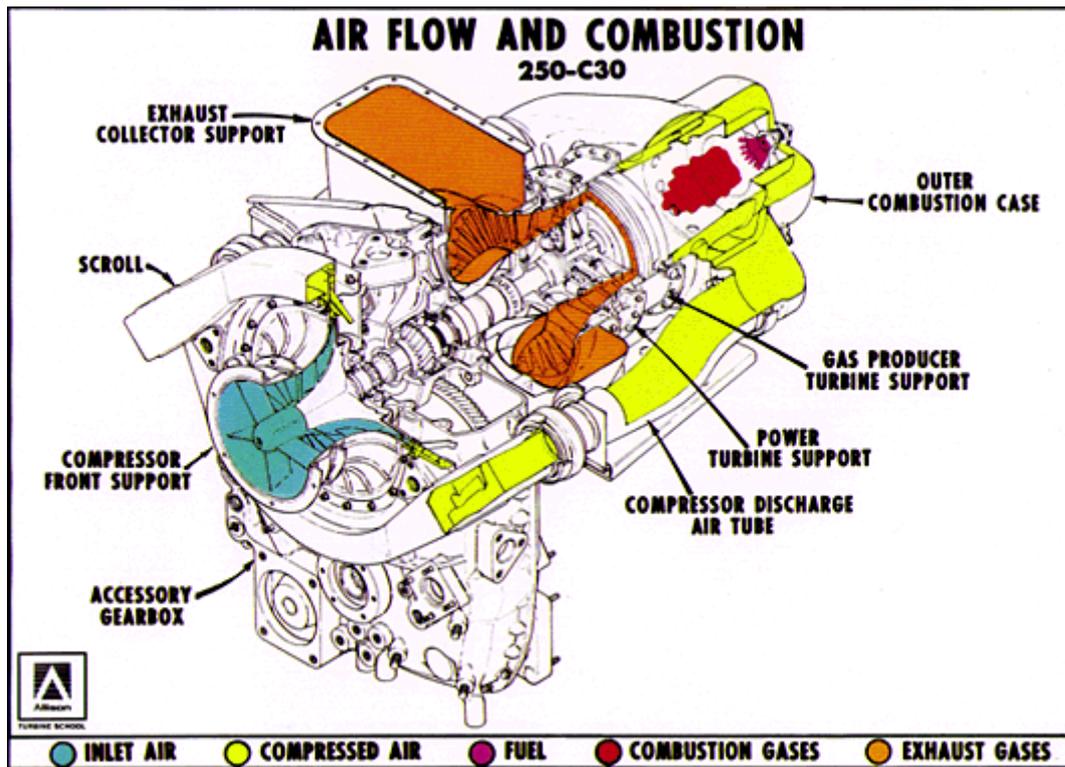
Selama50tahun terakhirindustri turbin gas telah majusecara signifikan. Horsepowermeningkat200persen(dan bahkan lebih tinggi) dalam ukuran mesinyang sama. Perbaikan dalamefisiensidan keandalan(waktu operasi lebih lama sebelumoverhaul) sedang dilakukanlebih intensif. Sesuatu yangmemakan waktu 15 tahununtuk mengubah30 tahun yang lalu, sekarangdalam15tahun terakhir, terjadi hanya dalam lima tahunatau kurang. Adatuntutankonstan untukbobot yang lebih ringan, desainpemeliharaan yang lebih rendah. Selain itu, para insinyurmenuntut untukdapat menjalankan mesin turbin gas enam ataudelapan tahun atau lebih,sebelumperbaikan, bukan hanyatigatahun.Kemajuandalam industri turbingas telah terjadi, sehingga memiliki kemajuandalam desain koplingyangmenghubungkan mereka kemekanismegear , kompresor, pompa, atau generator.

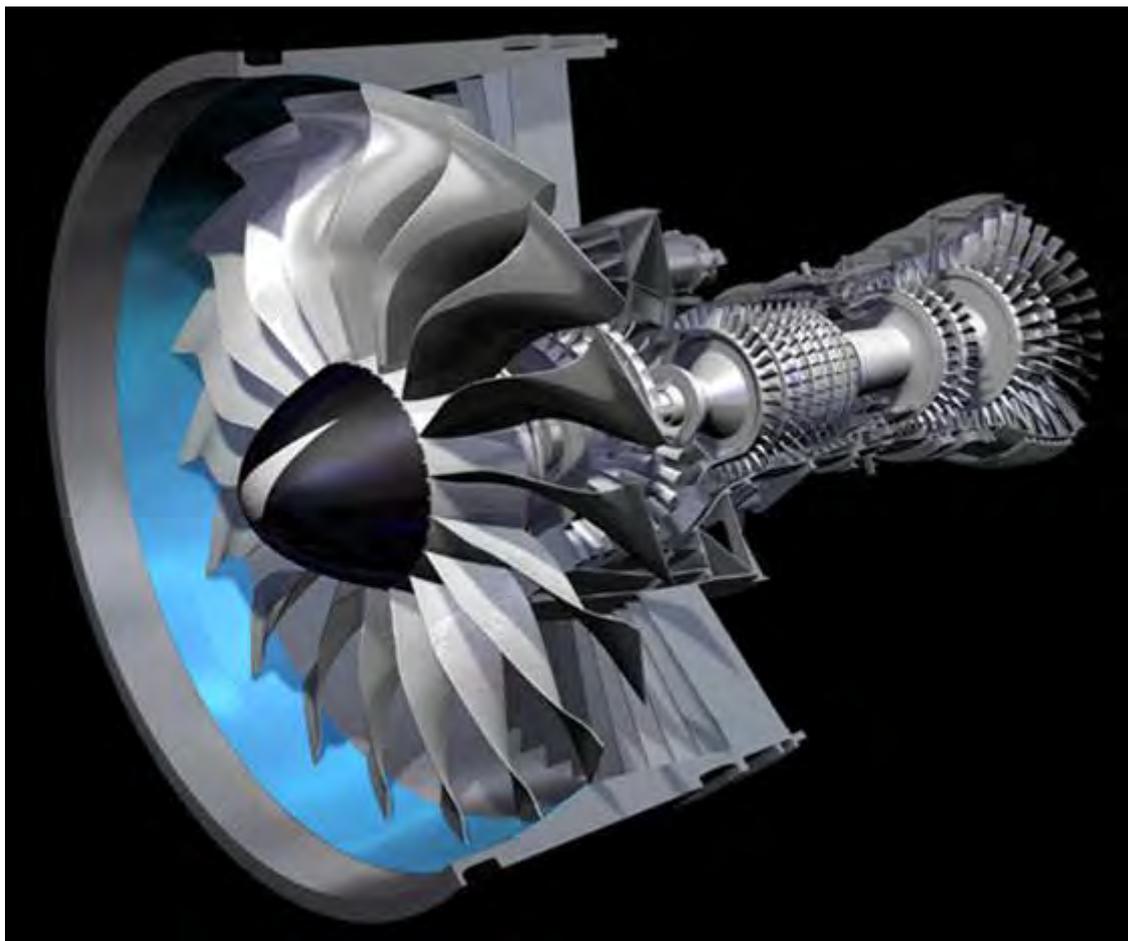
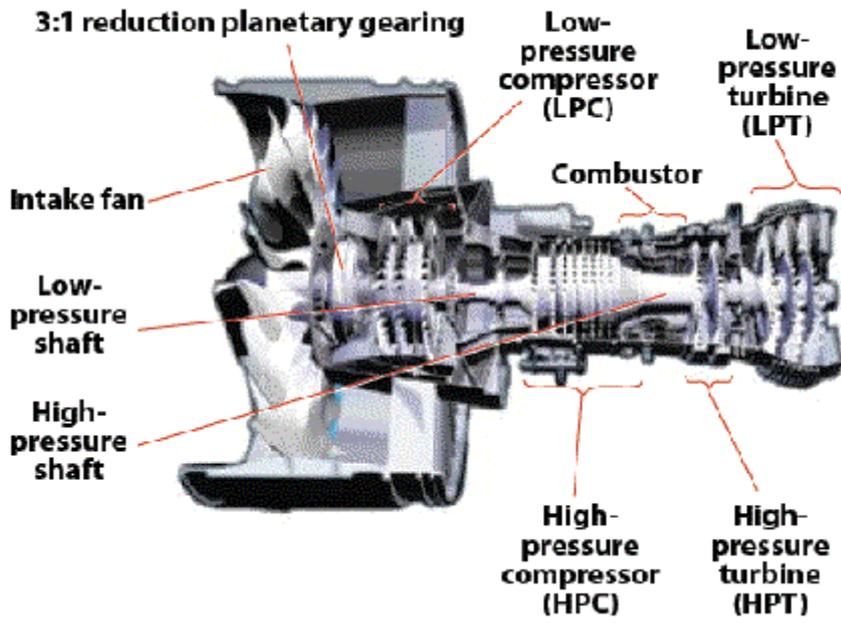
Sebagian besarindustri turbin gas sejak awalmemerlukankopling fleksibel sehingga mendorongnegara industri bersaing dalam pembuatan gigi koplingdi akhir tahun 60andanawal 70-an. Tetapi karenagetaran tinggipada kecepatanyang lebih tinggi, dan pada kecepatan yang tak terduga atau mendadak sertawaktupemeliharaan lebih pendek, maka dengankemajuan yang pesatdimulailahpembuatan diafragmadan koplingdiscuntuk digunakan dalamturbingas.Dalamhalini ada perbandingankarakteristik dariberbagai jeniskoplingturbin gas : gigi (gear), diafragma, dan piringan (disc)antara lain berkaitan dengan kekakuan danpenaporos kopling . Analisiskarakteristikuntukjenis kopling yang berbedatersebutakan menunjukkan bahwamereka tidakbereaksidengan cara yang samaketika mereka merasakantorsidanketidaklurusanyang sama. Perlu dibahastentangkeandalandari berbagai jenis, seperti apa jenisbatas keamananyang diperlukan, dan apafactorpengalamanapa yang harus dipertimbangkanuntuk berbagai aplikasi. Juga perlu dibahas , mengenaikonversi atau perpindahan jenis koplinggigike jenis diskatau diafragma . Selain itu perlu dibahas pula mengenai tingkatketidakseimbanganyang dapat dicapai, kekuatanreaktif untukmasing-masing jenis , dan kemajuandi bidang manufaktur, bahan, dan alat desain .

Teknologi turbingas terusmaju danterus berkembang sejak awal ; penelitianaktifdalam memproduksiturbingasyang lebih keciluntuk output dayayang sama. Komputer desain, dinamikafluidakomputasikhusus(Computation Fluida Dynamic /CFD) dan analisiselemen hingga(FEA) bersama dengankemajuanmaterial,telah memungkinkanrasiokompresi lebih tinggidan suhupembakaran yang lebih efisien, pendinginan yang lebih baikuntukbagian-bagian mesin, dan dapat mengurangiemisi. Ada kemajuanbesar dalam(gas kering)dan bantalan(magneticdanfoil). Kontrolelektronikmemungkinkanuntuk memonitor lebih lanjutdalam pengoperasianmesin iniuntuk periodetahunyang lebih lamadengan waktu pemeliharaan (downtime)minimal.

Reduction gear adalah susunan gear yang berfungsi mereduksi atau menurunkan kecepatan putaran dari sumber penghasil putaran. Didalam gas turbine engine sumber tenaga penghasil putaran adalah power turbine. Tenaga dan putaran dari

power turbine tersebut akan dirubah menjadi gaya dorong (thrust) oleh alat perubah thrust yaitu propeller, fan, rotor blade sesuai dengan jenis engine-nya. Karena tenaga dan putaran yang dihasilkan oleh power turbin tersebut harus dirubah sesuai kemampuan dan karakteristik dari alat perubah thrust, maka diperlukan mekanisme sistem perubah kecepatan putaran yang terdiri dari rakitan susunan gear yang dinamakan dengan istilah *reduction gear assembly* yang ditempatkan dalam *reduction gearbox.*

Gambar 6 :Reduction gear Turboprop engine

Motor turbin gas PT-6 merupakan engine yang cukup menarikkarenamotor turbine tersebutdipasangmundur dalampesawatdan di dalammesintersebutterbagi dua. Propellerberada di sisikiridarigambar di atas, daniniadalah pandangan belahanmesindari atasdalam tampilantop-down. Seperti yang Andalihat,driveshaftpusatakan melalui bagian tengahmesin dan dibagitepatdi tengah. Yang berwarna birudisebut bagian gasgeneratoryaitu semuabagian komponen yang terhubungolehdriveshaftdi sebelah kanan, danbagian yang berwarna merah disebut PowerSectionadalahsemuabagian komponen yang terhubungolehdrive shaftdi sebelah kiri, tetapidua bagian tersebut bersifat independen satu samalain.

Gambar 7: Contoh pemasangan accessories gearbox

Gambar 8: T56-turboshaft Engine reduction gear

Gambar 9: Reduction gear turbofan engine

Gear Reduction Section

High Speed Pinion Gear

Planetary Gear Assembly

Sun/Bull Gear Assembly

Gambar 10: bagian-bagian Reduction gear

EVALUASI BAB 2

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan benar !

1. Jelaskan yang dimaksud dengan free turbine dalam mekanisme gas turbine engine!
2. Jelaskan perbedaan antara compressor turbine dan power turbine!
3. Jelaskan pemahaman anda tentang pemanfaatan free turbine untuk setiap jenis gas turbine engine!
4. Apa fungsi compressor turbine !
5. Gambarkan mekanisme free turbine untuk turbofan engine!
6. Jelaskan fungsi dari coupling dalam gas turbine engine!
7. Sebutkan bagian-bagian dari mekanisme coupling dalam gas turbine engine!
8. Jelaskan fungsi reduction gear!
9. Mengapa diperlukan adanya reduction gear?
10. Jelaskan yang dimaskud dengan bagian gas generator!
11. Jelaskan yang dimaksud dengan power section!
12. Sebutkan komponen-komponen yang termasuk dalam gas generator section!
13. Sebutkan komponen-komponen yang termasuk dalam power section!

Fungsi Auxiliary Power Unit

APU adalah engine pendukung yang seharusnya ada pada setiap pesawat udara, terutama pesawat komersial. Keberadaan APU didalam pesawat akan sangat menolong pesawat dalam meningkatkan efisiensi dan pelayanannya.

Fungsi dan APU adalah menghasilkan energi dalam bentuk energi listrik(elektrical) dan udara yang bertekanan (Pneumatik), dan juga dalam bentuk energi mekanik gerak yang berfungsi sebagai penggerak awal engine utama pada pesawat.

Energi listrik dihasilkan oleh generator listrik, yang sangat dibutuhkan untuk menjalankan semua sistem dan peralatan yang membutuhkan energi listrik selama pesawat berada didarat. Beberapa sistem yang membutuhkan energi dalam bentuk ini adalah:

-sistem air conditioning

-penerangan,

-perangkat elektronik seperti radar, radio, monitor dan sebagainya (lihat gambar 1).

Energi mekanik berfungsi untuk menggerakkan bagian-bagian pesawat yang hrus bergerak selama pesawat masih berada didarat. Energi bentuk mi akan menggerakkan berbagai jenis pompa yaitu pompa bahan bakar, pompa pelumas. Selain itu energi ini juga di butuhkan oleh APU itu sendiri untuk memutar bagian-bagian yang harus berputar seperti kompresor. Setelah pesawat dinyalakan energi utama fungsi APU tersebut digantikan oleh engine utama tersebut. Jadi sebenarnya keberadaan APU tidak mutlak harus ada pada setiap pesawat. Tetapi ada konsequensi yang harus ditanggung dengan tidak adanya APU pada pesawat terbang, yaitu semua bandara udara yang disinggahi oleh pesawat terbang harus menyediakan "GROUND SUPORT". Fasilitas ini harus ada untuk

menggantikan fungsi APU. Kendala yang ada sampai saat ini masih banyak bandar udara yang belum memiliki fasilitas tersebut.

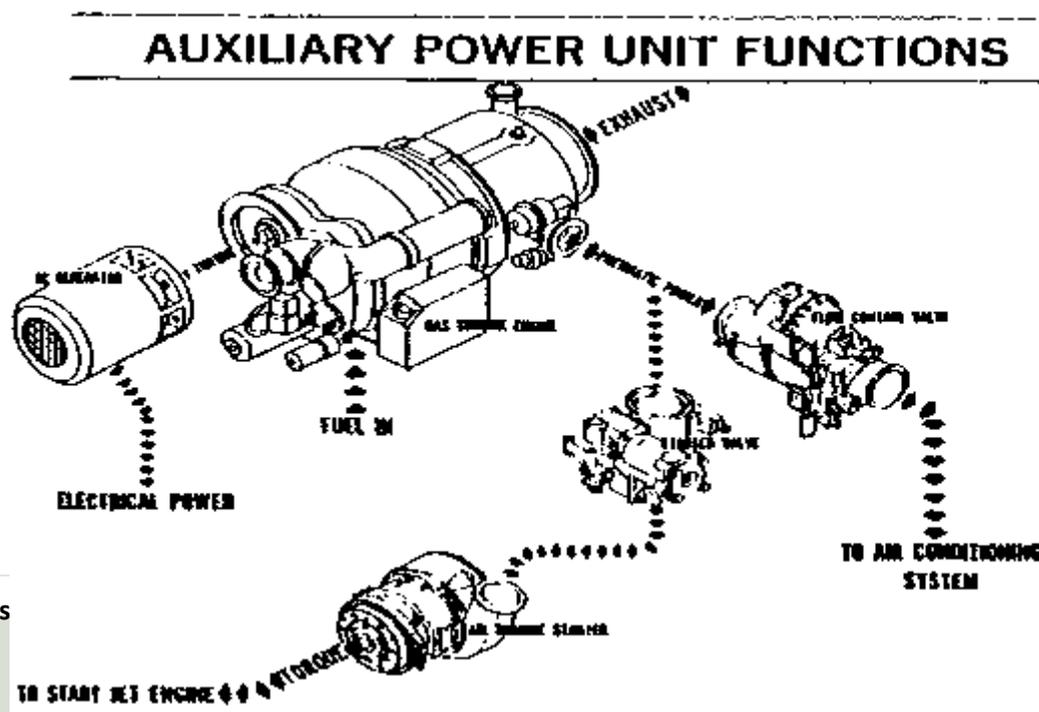
Masih ada beberapa alasan mengapa APU itu perlu ada pada tiap pesawat. Kadang kala pada saat pesawat di udara terjadi gangguan pada salah satu engine utama. Maka untuk mengurangi beban engine utama, maka APU dinyalakan lagi untuk melakukan fungsinya kembali seperti saat didarat, kecuali fungsi sebagai starter engine utama. Selain itu jika saat didarat sebelum "take off engine utama dinyalakan, maka pesawat akan menjadi sangat tidak efisien. Hal ini karena energi yang dihasilkan akan sangat berlebih dibanding dengan energi yang dimanfaatkan. Karena memang energi yang disuplai oleh APU jauh lebih kecil dibanding dengan energi untuk menerbagkan pesawat.

APU memiliki bagian-bagian dan sistem yang sangat penting dalam pelaksanaannya yaitu:

1. Powerplant

Powerplant di APU berfungsi untuk menyediakan tenaga yang cukup selama didarat dan dapat menyuplai electrikal dan tenaga pneumatic pada saat didarat dan di udara.

2. Engine APU

Engine APU berfungsi memberikan tenaga mechanical shaft untuk menggerakkan aksesoris pesawat (gear box, kompresor) dan bleed air untuk starting engine utama, pengaturan udara di cabin, dan tekanan udara. APU engine terdiri dan bagian pemasukan udara (air inlet section), bagian compressor (compressor section), bagian pembakaran (combustion section), bagian turbin (turbine section), bagian penggerak asesori (accessory drive section).

Gambar 11. Bagian bagian APU

3. Pengontrolan bahan bakar APU

Sistem bahan bakar di APU bekerja secara otomatis dan pengontrolannya tidak dapat di manipulasi oleh operator. Setelah tombol gas turbin dalam posisi start, sistem bahan bakar berfungsi memberikan aliran bahan bakar yang benar untuk mendapatkan akselerasi yang lembut (smooth) pada kecepatan engine 100%.

Sistem bahan bakar APU mempunyai 3 komponen utama yaitu:

a) Fuel control unit termasuk pompa bahan bakar dan katup bahan bakar solenoid

b) Fuel atomizer

c) Control thermostat

4. Sistem start dan pengapian APU.

Sistem start dan pengapian APU untuk memutar engine APU dan menyuplai pembakaran (udara dan fuel) ke ruang pembakaran. Sistem pengapian terdiri dari:

-unit pengapian (ignition unit),

-kabel pemantik (igniter cable) dan

-plug pemantik (igniter plug).

Sedangkan sistem start terdiri dari starter motor dan sistem relay.

5. APU air (udara pada APU)

Sistem udara pada APU terdiri dan 2 sistem yaitu, sistem pendingin udara (air conditioning system) dan sistem semburan/pembuangan udara (bleed air system). Air conditioning system menyuplai udara untuk menurunkan temperatur generator APU, system lubrikasi, bagian-bagian engine APU dan cover APU. Bleed air system menyuplai pneumatik ke seluruh system pneumatik pesawat udara.

6. pengontrolan engine APU

Sistem pengontrolan engine APU berfungsi mengontrol pengoperasian APU pada saat didarat dan ketika terbang. Panel control utamanya berlokasi di flight compartment dan digunakan untuk start dan stop unit-unitnya, dan juga untuk memposisikan pintu pemasukan udara (air inlet door).

Panel pengontrol luar berlokasi disisi kiri pesawat bagian belakang pada APU compartment. Untuk menyalakan APU tidak dapat menggunakan control panel tersebut. Bagaimanapun tombol itu hanya bisa untuk mematikan APU dan sistem alat pemadam api. Panel ini dilengkapi dengan:

- alat penunjuk adanya api (fire warning indicator)
- suara peringatan adanya api (fire warning horn)
- alat penunjuk botol bertekanan rendah (agent bottle low pressure indicator) dan
- tombol untuk mengeluarkan botol pemadarn api (switches to discharge the fire extinguisher bottles) pengoperasian dan pengetesan sistem pendektesian api, dikontrol dan panel intrument utama yang berada flight comparment. APU akan mati secara otomatis ketika sistem pemadam api bekerja.

7. Penunjukkan APU (APU indicating).

Sistem penunjukkan APU terdiri dan penunjukkan EGT (exhaust gas temperature) dan kecepatan putaran kompressor untuk memonitor pengoperasian APU. Sistem penunjukkan EGT, APU berfungsi untuk memantau temperatur pembuangan APU. Bagian-bagian penunjukkan EGT yaitu termocople, EGT indicator, dan EGT resistor.

Sistem penunjukkan APU berfungsi untuk memantau APU selama beroperas. Sistem penunjukkan APU memiliki lampu indicator dan waktu indicator (hourmeter).

8..Sistem pembuangan APU (APU exhaust).

Sistem pembuangan APU berfungsi untuk mengelurkan gas sisa dan engine APU dan untuk mengurangi tingkat kebisingan (noise level) engine APU. Exhaust APU terdapat pada bagian belakang pesawat.

9. APU lubricating oil (Oli pelumas APU)

Sistem pelumasan APU memakai tipe dry sump (pelumasan kering), untuk melumasi gearbox dan bearing-bearing pada engine APU dan penggerak yang lain. Sistem ini juga memberikan system pengurasan oli dan area pelumasan dan sistem pendinginan oli sebelum oli kembali ke tangki. Sistem ini terdiri dari tangki oli (oil tank), pompa oli (oil pump), penguras oli (scavenging oil),pendingin oli (oil cooler), saringan (filter), tombol oli

tekanan tinggi (oil pressure high switch), katup (valve), pompa penguras (scavenge pump), check valve.

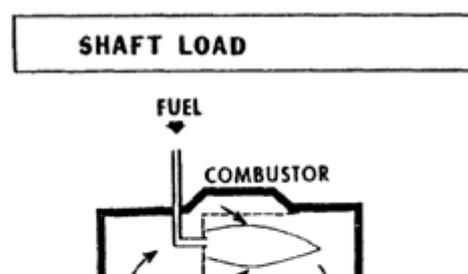
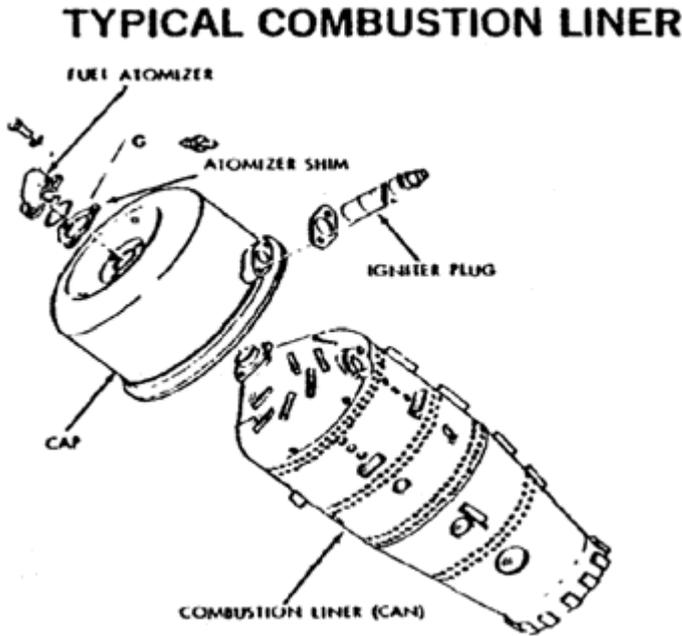
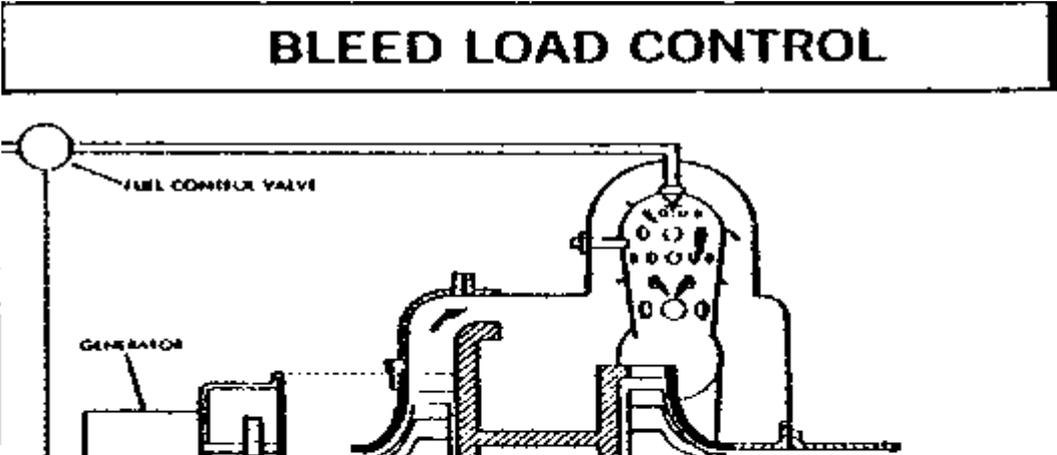
10. Prinsip kerja

Prinsip kerja APU sama dengan prinsip kerja gas turbine engine. Ada kompressi, pembakaran, dan usaha. Lihat gambar 2. Sementara ruang bakar juga sama, biasanya jenis Can dan jumlahnya hanya satu buah (lihat gambar 3). Langkah langkah menghidupkan APU perhatikan gambar 5. Gambar schematic APU perhatikan gambar.6.

B *Pengoperasian Auxiliary Power Unit*

Untuk mengoperasikan APU dibutuhkan tegangan sebesar 28 Volt DC. Apabila tombol baterai ditekan, maka energi histrik akan masuk ke APU GCU kemudian diteruskan ke APU. Jika APU kehilangan energi listrik dari baterai, APU juga dapat mengambil energi listrik dan external power dan ground power unit.

Tombol utama APU ditekan pada posisi on, kemudian diteruskan ke posisi start, namun tombol utama tetap berada pada posisi on selama pintu air intake benar-benar terbuka. Ketika tombol APU berada pada posisi on baterai sudah siap menyupai energi listrik ke GCU, namun GCU tidak meneruskannya ke APU sampai air inlet door benar-benar terbuka, oli bertekanan rendah masuk, pemadam otomatis untuk oli bertekanan tinggi sudah siap bekerja, dan APU fuel valve terbuka barulah energi listrik diteruskan ke pengggerak inlet door yang kemudian membuka air inlet door.

Setelah air inlet door benar-benar terbuka, energi listrik disuplai untuk tombol yang berhubungan dengan oli yang bertekanan, pada saat bersamaan energi listrik juga disuplai ke APU control unit, namun terjadi keterhambatan waktu kurang lebih 60 detik, kemudian dari APU control unit diteruskan ke starter motor, starter motor mulai bekerja memutar engine APU.

Gambar 12. Gas generator (Compressor, C.Chamber,)

Gambar 13 Combustion chamber jenis can

Gambar 14. Sistem pengontrol bleed air

Selama engine APU berputar tekanan oli meningkat kira-kira 2 psi (13.8 kpa). Oli bertekanan tertutup, hal ini mengakibatkan fuel valve terbuka sehingga fuel mengalir ke ruang pembakaran, busi pembakar membuat percikan bunga api. Pembakaran telah terjadi, engine APU meningkatkan kecepatannya kira-kira 35% rpm.

Engine APU terus meningkatkan kecepatannya kira-kira 95% rpm, hal ini mengakibatkan energi listrik dan bagian pengapian dan baterai berkurang dan meyebabkan lilitan (solenoid) untuk katup pembuangan udara atau (air bleed valve) bekerja, sehingga bleed air valve terbuka dan lampu indicator generator APU pada cockpit menyala. Dengan kecepatan engine APU 95% komponen shut down otomatis terhadap oli bertekanan rendah sudah aktif.

C *Mematikan Auxiliary Power Unit*

Tombol utama APU di pindahkan ke posisi off. Hal ini mengakibatkan energi listrik dan Fuel solenoid valve berkurang, energi listrik dan APU control unit di kurangi untuk benar-benar menutup fuel solenoid valve, sehingga aliran fuel ke ruang pembakaran berhenti. Pada saat itu energi listirk juga di suplai untuk menutup fuel valve APU dan inlet door

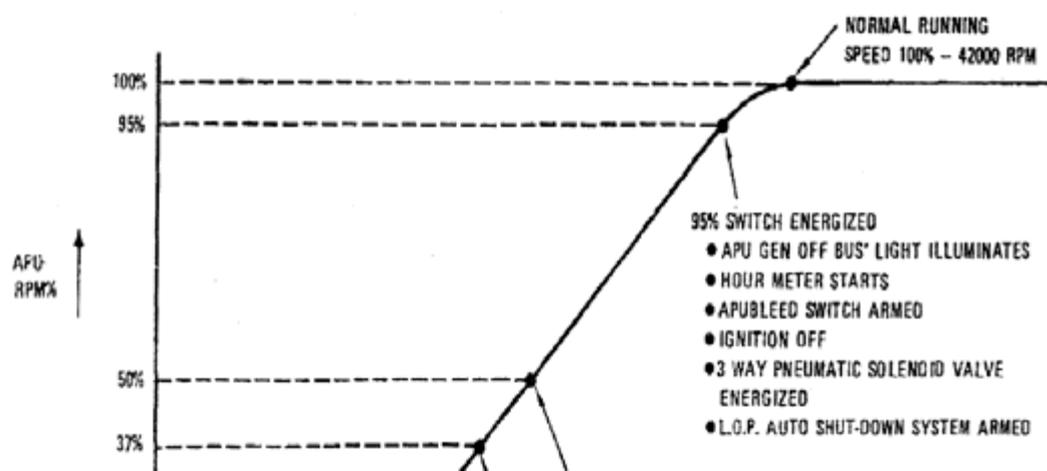
actuator menutup air inlet door.Jika dalam pengoperasian APU terdapat masalah, maka akan terlihat pada indicator yang ada di cockpit.

D Sistem bahan bakar APU

Pengembangan dan penyempurnaan motor pesawat udara menuntut adanya penyempurnaan sistem bahan bakar,sehingga motor menjadi lebih rumit, banyak komponen-komponen yang harus di pasang, banyak memerlukan penyetelan-penyetelan serta penambahan biaya perawatan.Tetapi masalah ini sedikit dapat dipertahankan seminimum mungkin.

Sistem bahan bakar adalah suatu sistem untuk mengalirkan bahan bakar yang bersih dengan tekanan yang tetap, pada kondisi baik didarat ataupun pada waktu terbang tinggi. Sistem mi harus berfungsi dengan baik pada setiap perubahan ketinggian atau perubahan iklim. Sistem bahan bakar adalah suatu aparatur yang direncanakan untuk mengatur dan mensuplai bahan bakar ke motor, sedemikian rupa sehingga motor mendapatkan suplai bahan bakar secara terus-menerus sesuai dengan besar kecilnya tenaga yang diperlukan, serta mengatur agar bahan bakar dapat bercampur dengan udara secara sempurna, terbakar dengan mudah dan sempuma, menghasilkan tenaga yang maksimal.

Sistem bahan bakar pada dasarnya terdiri dan tangki bahan bakar, pompa pembantu, katup(valve), saringan(filter), pompa utama(booster pump), pipa-pipa saluran, pengontrol bahan bakar(fuel control unit), alat penyemprot bahan bakar, dan alat penunjuk(indicator).

Control panel untuk pengisian bahan bakar pada pesawat terdapat di sayap kanan bagian depan bawah. Bahan.bakar itu akan diisi atau ditampung pada 3 tangki utama yaitu center tank, left main tank, right main tank. Kapasitas tangki bahan bakar pada pesawat berbeda-beda. Jenis bahan bakar pada pesawat adalah AVTUR JP4/JP1.

Gambar 15. Urutan starting

Di setiap tangki mempunyai pompa (booster pump), fungsi pump adalah memberikan tekanan untuk menyuplai bahan bakar ke engine dan APU(auxiliary power unit). Setiap pump menghasilkan tekanan (pressure) kurang lebih sebesar 20-25 psi. Disetiap tangki terdapat 2 pompa untuk mencegah terjadinya Failed Save atau kemungkinan pompa yang satu rusak atau tidak dapat berfungsi dengan baik.

Pada system bahan bakar terdapat komponen yaitu katup (valve).Valve terdiri dan 3 valve yaitu Refueling valve,Defueling valve,cross feed valve. Fungsi refueling valve dan defueling valve adalahmembuka atau menutup aliran bahan bakar yang masuk dan keluar. Refueling dan Defueling valve dapat di operasikan secara electnikal dan manual.Untuk crossfeed valve berfungsi jika booster pump tank 1 rusak bisa di berikan melalui booster pump tank 2 dengan membuka croosfeed valve itu.

Pada system bahan bakar juga terdapat istilah “Refueling dan Defueling”,Refueling adalah Pengisian bahan bakar ke tangki pesawat terbang. Fungsi refueling adalah untuk

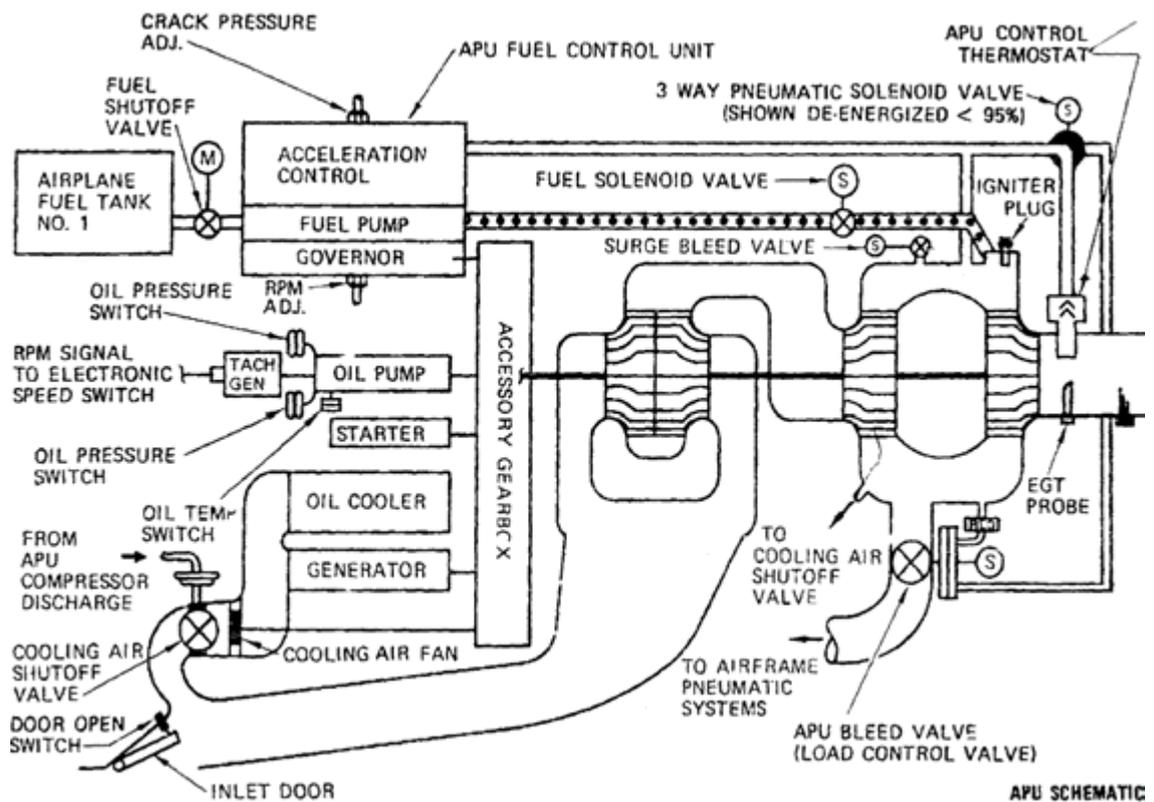
test terbang (test flight) ground service dan untuk pengoperasian —pengoperasian lain pada saat di darat. Selain pada control panel sayap kanan bagian depan bawah, refueling juga dapat dilakukan pada bagian atas sayap sebelah kanan yaitu dengan proses gravitasi. Selain proses refueling ada juga yang di sebut proses defueling, yaitu proses pengeluaran atau pengurasan bahan bakar yang ada pada tangki. Fungsi defueling adalah untuk memeriksa tangki(tank inspection)apabila terj adi retak(crack)pada material tangki dan kebocoran,lalu untuk proses penimbangan pesawat (weighing), penggatian komponen-komponen yang ada di dalam tank danjuga untuk pengerjaan yang lain.

Bahan bakar yang dialirkan mi hams sebersih mungkin, bebas dan kotoran-kotoran dan endapan-endapan,untuk itu di pasang beberapa saringan sehingga di cegah kemungkinan timbulnya kemacetan kemacetan dan buntunya saluran-saluran yang akan di suplai ke engine atau APU.

Alat penunjuk (indicator) berfungsi untuk mengontrol dan memonitor komponen komponen pada sistem saluran bahan bakar dan juga mengetahui adanya bahan bakar di dalam pesawat tersebut.

Untuk menyemprotkan ke ruang bakar, bahan bakar diatur, ditakar dan dikontrol disesuaikan dengan tekanan udara luar, temperatur udara masuk, tekanan udara kompresor, temperatur pembuangan gas, temperatur turbin, tenaga yang diperlukan dan putaran poros motor. Alat pengaturannnya biasanya disebut unit pengontrol bahan bakar (fuel control unit).

Alat penyemprot memegang peranan penting dalam proses pembakaran, sebab harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- mampu menyemprotkan bahan bakar dengan butiran butiran yang halus, sehingga mudah dibakar dengan sempurna, baik saat diperlukan tenaga tinggi ataupun rendah.
- tidak mudah mampat atau macet
- tahan terhadap panas dan tidak menjadi penyebab timbulnya panas yang berlebihan.
- mudah dan murah dalam pemeliharaannya
- tahan lama

Gambar 16. Schematik APU

EVALUASI BAB 3

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan benar !

1. Jelaskan fungsi APU !
2. Jelaskan sistem apa saja yang membutuhkan energy listrik yang dihasilkan oleh APU !
3. Sebutkan 3 komponen utama dalam sistem bahan bakar APU !

4. Sistem pengapian APU terdiri dari 3 komponen utama yaitu: 1...............,2.............,
3...............

5. Fungsi dari APU indicating system adalah... .

6. Sistem pelumasan APU memakai tipe... .

7. Untuk mengoperasikan APU dibutuhkan tegangan sebesar... .

8. Jelaskan cara mematikan (shut down) APU!

9. Sebutkan bagian-bagian utama sistem bahan bakar di APU!

10. Jelaskan mengapa disetiap tangki terdiri 2 pompa !

11. Jelaskan fungsi crossfeed valve dalam system bahan bakar!

12. Jelaskan istilah “Refueling dan Defueling” !

13. Sebutkan syarat-syarat yang dipenuhi oleh fuel control unit!

BAB 4 INSTALLATION

Ketika engine dipasang ke pesawat terbang, maka diperlukan sejumlah perlengkapan, sambungan sambungan untuk menyambungkan ke sistem- sistem.

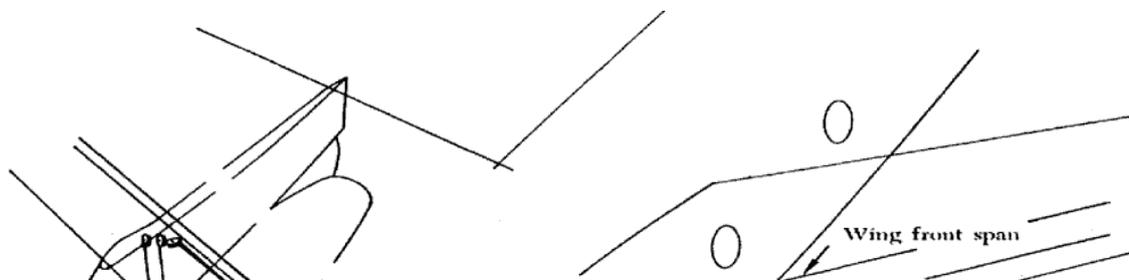
Engine,pipa semburan gas, accessory, dan beberapa sambungan untuk thrust reverser, saluran udara masuk dan perlengkapan untuk menyambung ke kompresor dan segala sesuatu harus dipersiapkan, sehingga engine dapat terpasang lengkap dan siap untuk beroperasi.

A Lokasi Motor Penggerak

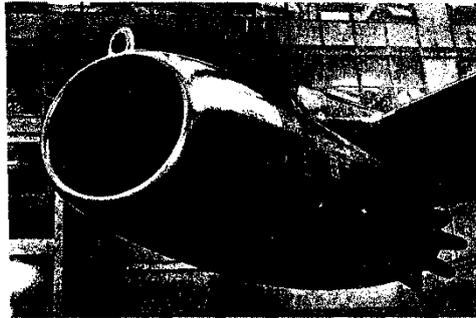
Motor pesawat terbang dipasang pada lokasi yang telah ditentukan dan ini tentu disesuaikan dengan desain dari pesawat terbang itu sendiri. Motor turbo jet dipasang pada tempat pemasangan di sayap dengan tiang penyangga (pylon) lihat gambar 7.atau dipasang pada sisi fuselage bagian belakang dengan potongan sayap yang pendek (short stub wings) atau lihat gambar 8 dan bisa juga dipasang terpendam (buried) pada fuselage atau terpendam dalam sayap pesawat terbang. Beberapa pesawat terbang pemasangannya kombinasi antara dibawah sayap dan bagian depan vertikal stabilizer (lihat gambar 9). Untuk turbo propeller, pemasangan engine dibatasi hanya pada sayap atau pada bagian nose pesawat terbang.

Pemasangan motor pesawat udara jangan sampai mempunyai pengaruh buruk terhadap efisiensi daripada air intake, dan gas keluar dari exhaust nozzle jangan sampai menggangu komponen lain atau menggangu flight control surfaces. Pemasangannya sedemikian rupa sehingga drag yang terjadi serendah mungkin. Penomeran engine dimulai dari kiri ke kanan, jika kita memandang dari belakang.

Untuk pesawat super sonic, pemasangan motor dibenamkan dalam pesawat terbang ini tentu dengan alasan aerodinamic.

Wing front span

Gambar 17. Pemasangan motor pada sayap dengan tiang penyangga

Gambar 18. Pemasangan motor pada sisi fuselage

Gambar 19. Pemasangan motor pada bagian depan vertikal stabilizer dengan bawah sayap.

Gambar 20. Pemasangan motor pada bagian depan vertikal stabilizer dengan bawah sayap

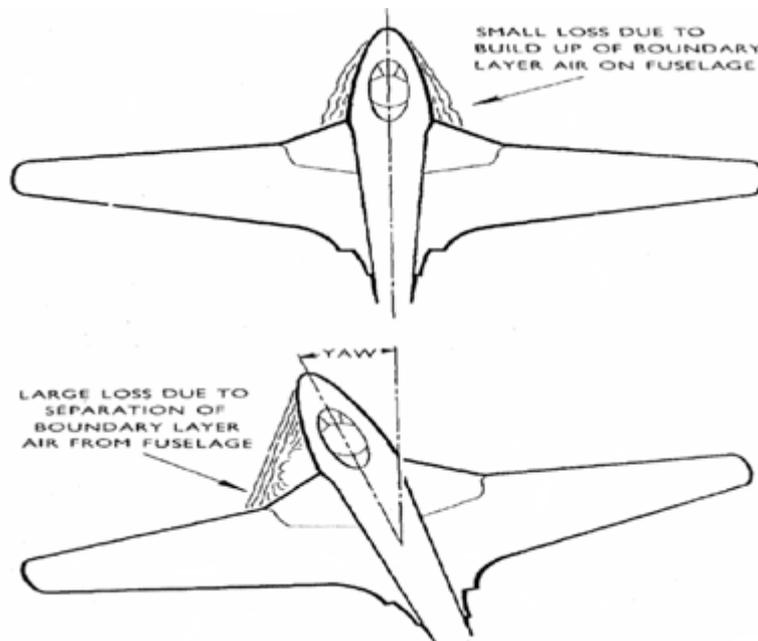
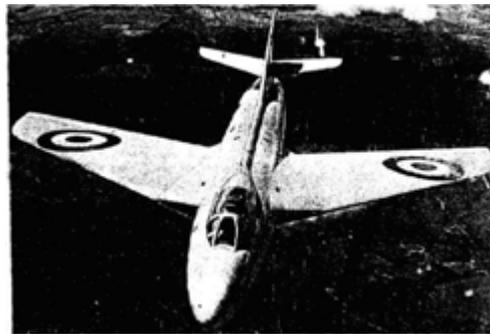
B Air intake (saluran masuk)

Persyaratan air intake bahwa dalam kondisi terbang yang bagaimanapun udara harus sampai ke engine dengan kehilangan energy yang serendah mungkin. Agar kompresor dapat bekerja dengan baik maka udara yang masuk kompresor harus terdistribusi dengan merata dengan tekanan yang sama besar.

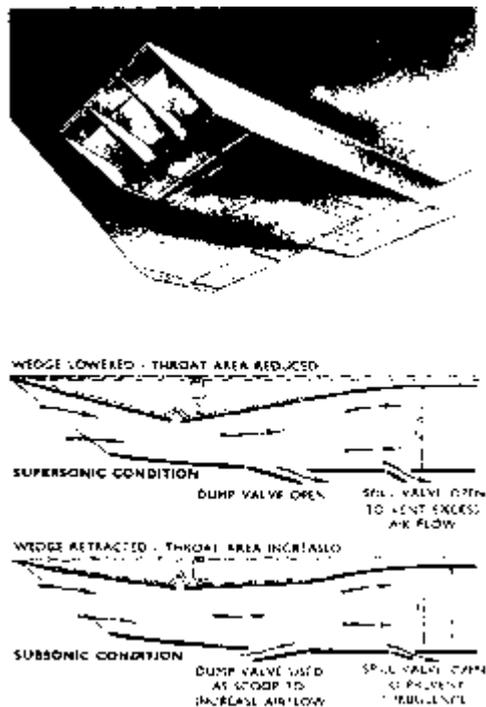
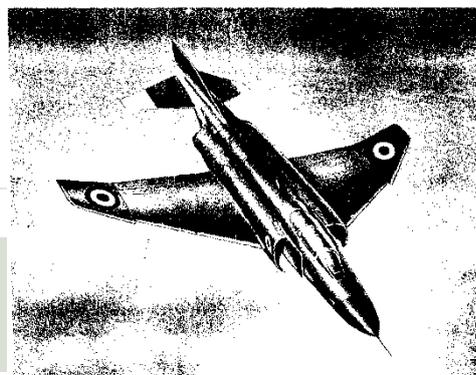
Tipe air intake yang ideal untuk pesawat sub sonic adalah tipe Pitot bulat (lihat gambar 10). Dengan tipe ini maka pengaruh ram pressure (tekanan tumbuk) bisa diberdayakan semaksimal mungkin. Untuk pesawat super sonic model pitot bulat tidak tepat, karena dengam tipe ini efisiensi menjadi jatuh bila kecepatan mencapi kecepatan suara.

Untuk pesawat bermesin tunggal, bisa juga dipakai jenis pitot bulat, akan tetapi saluran udara masuk menjadi panjang. Bisa juga dibuat saluran masuk menjadi pendek dengan cara saluran masuk menjadi terbagi dua, masing masing ke bagian depan sayap di sisi fuselage. Keburukan dari saluran udara terbagi dua ini adalah bahwa saat pesawat yawing (akan belok), satu sisi akan kehilangan tekanan tumbuk dan distribusi udara menjadi tidak merata (lihat gambar 11).

Untuk pesawat super sonic adalah external internal compression atau sering kita sebut convergent-divergent (lihat gambar 12).Dengan tipe ini maka kecepatan udara saat memasuki air intake pada mach number yang besar (misalnya MN 3) saat melewati saluran convergent kecepatan berkurang sampai mach number satu atau lebih rendah, kemudian aliran udara ini saat melewati saluran divergent kecepatannya menjadi lebih rendah lagi (misalnya MN 0,3).

Dengan demikian kecepatan udara masuk kompresor menjadi rendah, dan efisiensi kompresor dan combustion chamber menjadi naik.

Gambar 21. Kehilangan tekanan tumbuk pada saluran masuk terbagi.

Gambar 22. Convergent-Divergent air intake untuk supersonic

Untuk pesawat transonic, jenis air intake yang tepat adalah variable throat area intake (lihat gambar 13. Air intake dilengkapi dengan pegas yang dapat ditarik untuk memperkecil atau memperbesar saluran masuk.Pada saat kecepatan pesawat subsonic, saluran udara masuk membesar. Pada saat kecepatan pesawat supersonic saluran udara masuk mengecil, kemudian membesar lagi (convergent-divergent). Sudut saluran masuk tersebut secara otomatis berubah sesuai dengan kecepatan pesawat terbang.

Gambar 23. Variable air intake untuk transonic.

Gambar 24. Fuselage intake, variable air intake.

C Engine dan jet pipe mounting

.

Pemasangan engine dipesawat terbang diupayakan sedemikian rupa sehingga saat engine menghasilkan gaya dorong, maka gaya dorong tersebut diteruskan ke konstruksi utama pesawat terbang. Karena suhu rumah motor sangat bervariasi, maka engine dipasang pada rumah engine yang dapat bebas memuai (expand) kearah longitudinal dan kearah radial. Tipe tempat pemasangan engine (engine mounting type) sangat bervariasi. Akan tetapi untuk turbo jet pemasangannya biasanya pada sisi atau tergantung dibawah sayap pesawat. Sementara untuk turbo- propeller biasanya terpasang pada pipa baja di depan rangka yang kuat.

Accessories

Accessories engine meliputi sejumlah perlengkapan yang dioperasikan oleh sumber listrik, secara mechanical atau dengan tekanan udara.

1.Perlengkapan yang digerakkan oleh sumber listrik adalah control actuator, amplifiers, air control valve dan solenoides.

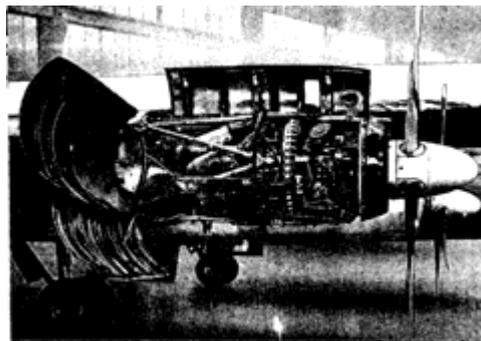
2.Perlengkapan yang digerakkan secara mechanical adalah generator, control speed drive units, hydraulic pump, low dan high pressure fuel pump, engine speed signaling, dan governing unit, digerakkan oleh tenaga motor melalui gear boxes.

3.Perlengkapan yang digerakkan oleh tekanan udara seperti: air starter, thrust reverser actuaying systems, afterburner, water injection pump, AC dan udara bertekanan dalam

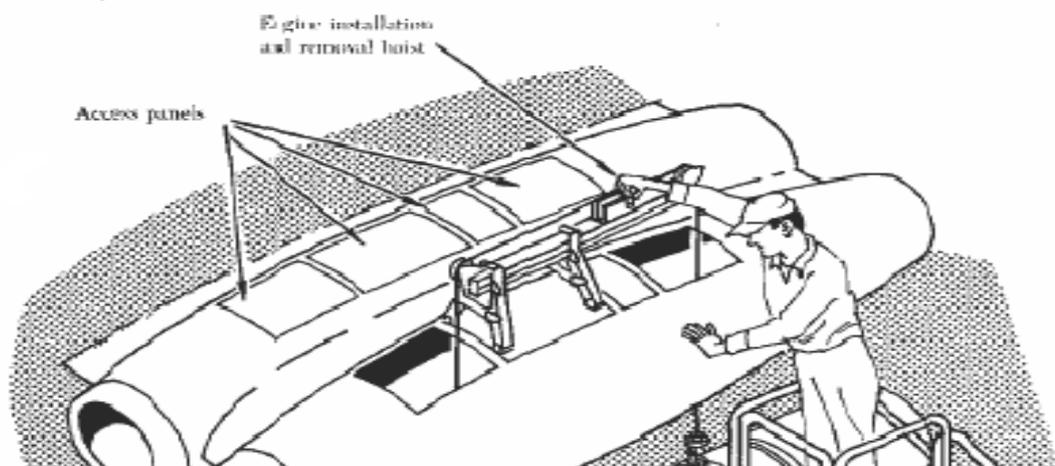
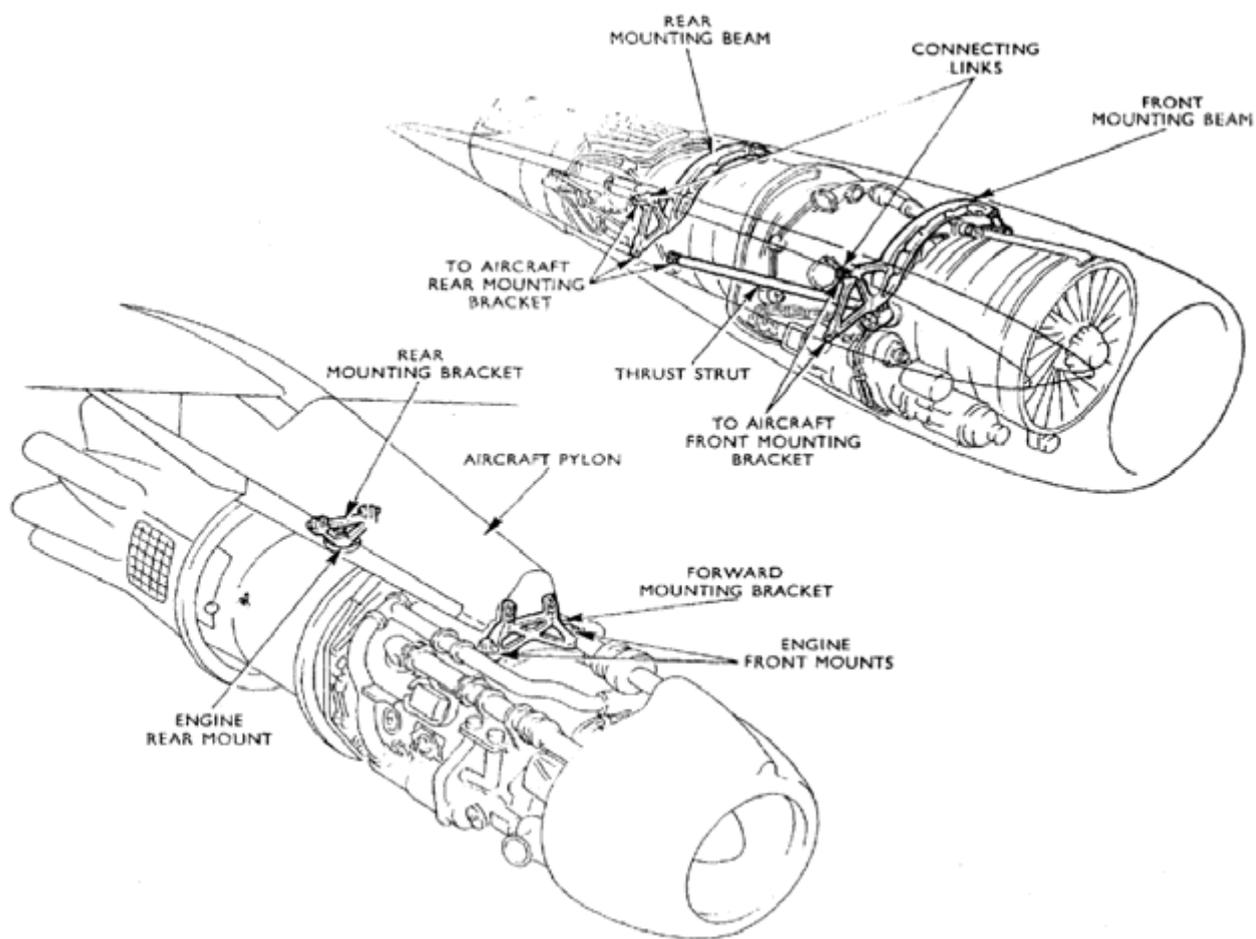
cabin. Udara bertekanan untuk menggerakkan komponen tersebut diambil dari kompresor.

Untuk turbo jet pemasangannya biasanya menyamping atau menggantung, sementara untuk

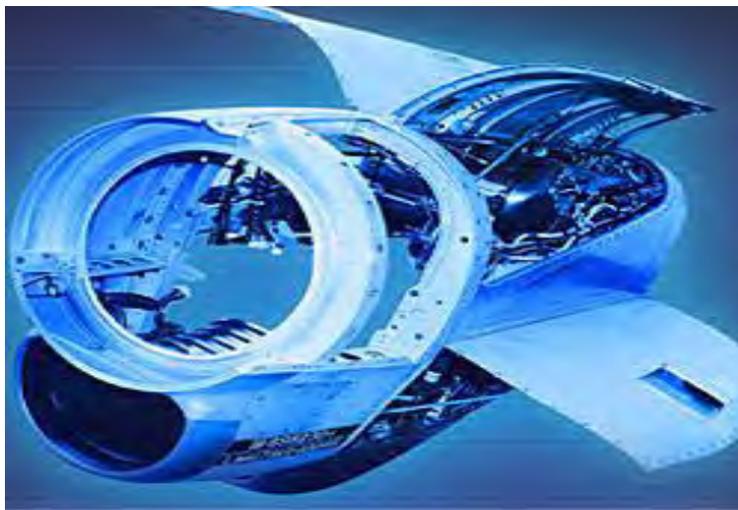
turbo prop pemasangannya di pipa pipa baja (tubular) didepan frame kerja, Lihat gambar

15!

Gambar 25. Pemasangan turboprop pada pipa baja.

Pipa saluran pancaran gas (jet pipe) biasanya dipasang dibelakang engine dan ditahan oleh engine mounting kalau pipa saluran panjang. Engine mounting tersebut dipersiapkan dalam bentuk bingkai penggulung kecil (small roller) dan dipasangkan pada masing masing sisi saluran pipa pancaran gas.

Lokasi roller tadi dalam terusan rangka (Channel frame) dan mampu menahan berat saluran pancaran gas sementara saluran pipa pancar gas tersebut bebas ber exspansi sepanjang arah longitudinal.

Gambar 26. Pemasangan engine dengan dua buah kabel pengikat

Gambar 27. dudukan pengikatan engine.

Cowlings

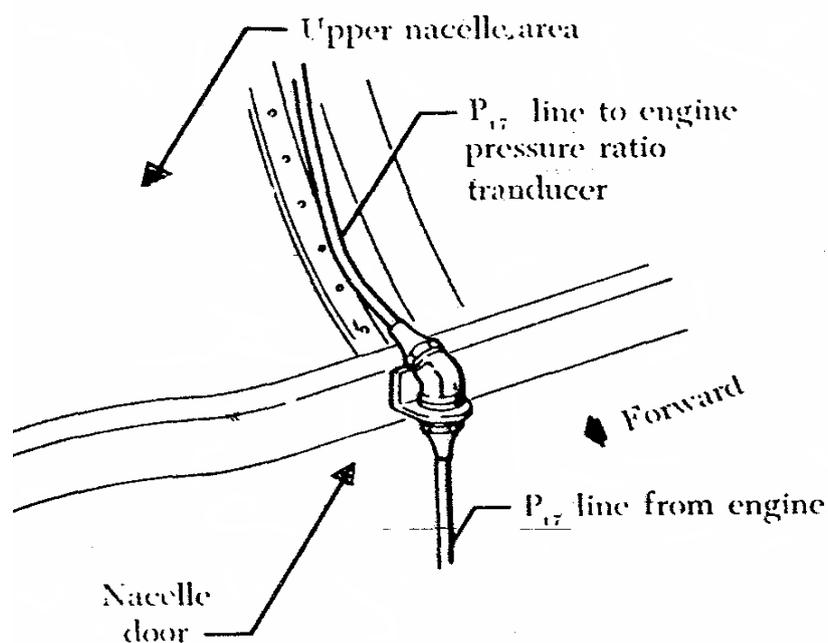
Cowling atau penutup engine harus dibuka jika kita ingin melihat / menyervices engine mount atau services kecil dari engine itu sendiri. Semua fasteners (pengikat) untuk engine cowling adalah quick-release type. Engine turbo prop atau turbo jet yang pemasangan nya menyamping atau menggantung akan lebih leluasa (tempat lebih luas) untuk masuk ke daerah engine dari pada engine yang terpasang dibenamkan dalam sayap atau dalam fuselage jika kita ingin melakukan services terhadap engine itu sendiri. Engine cowling lihat gambar 18.

Gambar 28. Bukaan engine cowling

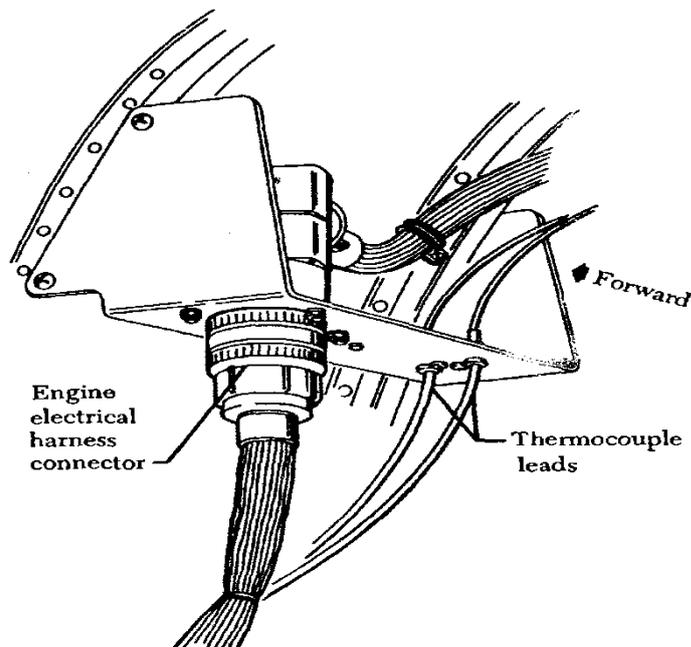
D *Melepas dan memasang kembali motor penggerak pesawat udara*

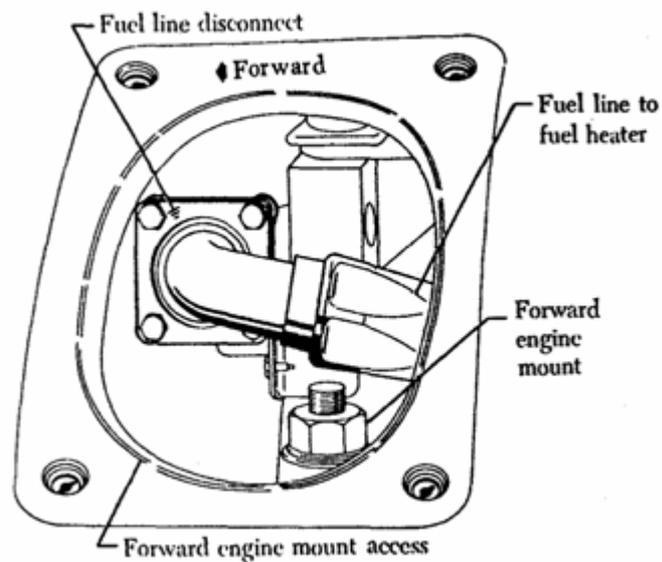
Prosedur untuk melepas dan memasang kembali motor pesawat terbang berikut adalah bentuk QECA (Quick Engine Change Assembly).

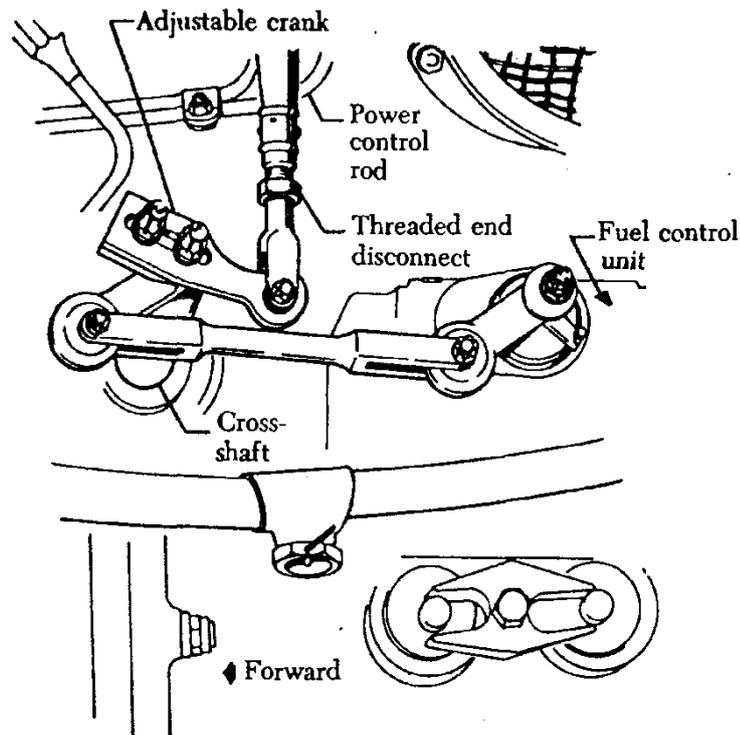
Melepas turbojet secara cepat.

Pindahkan engine dari pesawat terbang dengan memakai kerekan untuk menurunkan engine ke engine stand yang dapat di dorong dorong. Berikut ini adalah step step yang dapat dilakukan dalam melepas engine tersebut:

1. Dipastikan roda pesawat terbang tersebut dalam keadaan di ganjal atau pesawat di ikat ke ground memakai kabel
2. Buka pintu penutup engine dan ditahan dengan penopang. Dipastikan bahwa semua konektor yang berhubungan dengan tenaga yang keluar dan semua konektor listrik kearah luar telah dilepas.
3. Pindahkan semua plat plat yang mungkin mengganjal dari kedua sisi struktur penutup engine.
4. Pindahkan saluran saluran air condition dan lepaskan dari engine.
5 .Lepaskan saluran turbin discharge pressure (gambar 19).

Gambar 29. turbine discharge pressure(Pt7)

6.Lepaskan kabel listrik dan hubungan thermocouple dari connectornya (gambar 30)

Gambar 30. Electrical disconnect

7. Lepaskan saluran bahan bakardengan membuka baut pada tempat pemasangan saluran bahan bakar (gambar 31)

Gambar 31. Fuel line disconnect.

8. Lepaskan batang pengontrol power (gambar 32)

Gambar 32 Power lever disconnect.

Setelah semua konektor yang berhubungan dengan engine telah di lepas kecuali engine mount, maka gunakan kerekan pengangkat   untuk menurunkan engine. Mula mula naikkan kerekan sampai semua berat engine terbebas dari sayap pesawat. Sebelum menurunkan engine, posisi engine stand yang dapat di dorong dorong harus persis berada di bawah engine. Ketika engine terikat pada kerekan, lepaskan baut pengikat engine mount dari murnya. Lalu turunkan engine perlahan lahan dan amati jarak antara engine dengan penutup engine agar jangan sampai engine atau penutup engine mengalami kerusakan. Setelah engine di pindahkan periksa batang pengontrol power, bantalan, struktur penguat disekitar penutup engine terhadap kerusakan. Periksa juga terhadap keretakan pada daerah sambungan penyangga engine.

Melepas perlengkapan secara cepat.

Setelah engine berada pada tempatnya (engine stand), accessory dan perlengkapan dapat dipindahkan dari engine sehingga engine siap di perbaiki atau di overhoul sebagaimana di perlukan. Ditandai atau di catat dengan teliti bagian bagian yang dilepas dan dari mana ia dilepas, ini tentu untuk membantu kita dalam hal pemasangan kembali accessory atau perlengkapan tersebut. Bila accessory tersebut akan di kirim untuk di overhoul atau untuk di simpan dalam gudang, maka terhadap accessory tersebut harus di lakukan preserve (perawatan sebelum penyimpanan) sesuai perintah dalam manual dan dipastikan masing masing komponen tersebut lengkap terpasang dengan laporan data (record Card). Setelah semua accessory atau komponent telah dilepas, lubang lubang yang terdapat dalam engine atau pada accessory agar ditutup.

Pemasangan turbojet engine.

Berikut ini adalah pemasangan engine dengan menggunakan kerekan pengangkat. Pengoperasian secara specific biasanya ada tercantum dalam kerekan tersebut.

1. Operasikan kerekan dengan hati hati, naikkan engine ke posisi pemasangan engine mount.
2. Luruskan bagian belakang engine tersebut terhadap tempat pemasangan engine.
3. Pasang engine pada baut engine mount dan kencangkan sesuai torque yang di minta dalam m anual.

Pemasangan perlengkapan.

Berikut ini adalah prosedur untuk pemasangan perlengkapan engine, yaitu:

1. Pasang paking -paking atau ring pada bagian belakang dan bagian depan engine yang akan dipasang accessory atau perlengkapan.Pasang baut melaui paking dan pasangkan cotter pin dan mur. Kencangkan mur tapi jangan terlalu kencang.

2. Melalui bagian depan pasang chamfered washer, flat washer dan mur pada masing masing baut pemasangan. Kencankan mur menggunakan torque meter.Dipastikan masing masing mur telah di pasangkan lockwire.
3. Hubungkan saluran pengatur udara dengan saluran bleed airp pada kompresor. Kencangkan ikatan saluran tersebut menggunakan torque meter.
4. Pindahkan kerekan atau tali pengikat (sling) dan pindahkan perlengkapan perlengkapan dari engine.
5. Hubungkan fuel hose ke saluran fuel (fuel line). Gunakan gasket yang baru antara sambungan tersebut.
6. Pasang saluran starter air inlet.
7. Gunakan secukupnya bahan pengawet pada ulir yang bersebelahan dengan thermocouple.
8. Hubungkan saluran turbine discharge presure pada engine ke saluran pressure ratio transducer.
9. Hubungkan tongkat batang pengontrol power pada ujung ulir.
10. Periksa ulang pemasangan engine secara keseluruhan
11. Pasang penutup saluran yang di perlukan
12. Di stel hubungan pengontrol engine dan tutup pintu nacelle.

Rigging, inspection, dan adjustment.

Berikut ini adalah pemeriksaan dasar dan prosedur untuk rigging dan penyetelan: Fuel control, fuel selector, fuel selector valves.

1. Periksa bellcrank terhadap ke kendoran, retak, dan karatan.
2. Periksa ujung batang (rod ends) terhadap kerusakan pada ulr dan jumlah ulir yang tersisa setelah penyetelan.
3. Periksa gulungan kabel terhadap terhadap keausan kelenturan sehingga ia pada posisi dan ketegangan yang sempurna.

Sementara kita melakukan rigging terhadap selector fuel, pengontrol power, dan hubungan terhadap shutoff valve, ikuti prosedur sesuai yang di persyaratkan pabrik step by step. Kabel kabel harus di stel ketegangannya dan pasang juga rigging pin. Power lever harus bisa digerak-gerakan dari posisi idle ke full power demikian juga sebaliknya.

EVALUASI BAB 4

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan benar !

1. Jelaskan dimana saja lokasi tempat pemasangan engine di pesawat udara !
2. Pemasangan engine di pesawat udara jangan berpengaruh buruk terhadap .....
3. Jelaskan persyaratan pemasangan air intake!
4. Jelaskan tipe air intake yang ideal untuk pesawat udara supersonic !
5. Jelaskan tipe air intake yang ideal untuk pesawat udara transonic !
6. Gambarkan bentuk air intake convergent-divergent!
7. Jelaskan karakteristik udara yang melewati saluran udara convergent-divergent!
8. Jelaskan tipe tempat pemasangan engine (engine mounting type)!
9. Sebutkan accessories engine yang digerakkan oleh tenaga listrik !
10. Sebutkan accessories engine yang digerakkan oleh tenaga mekanik !
11. Sebutkan accessories engine yang digerakkan oleh tekanan udara !
12. Jelaskan fungsi engine cowling !
13. Apa kepanjangan dari QECA? Jelaskan maksudnya !
14. Jelaskan langkah-langkah pemasangan engine!
15. Jelaskan pemeriksaan dasar dan prosedur untuk rigging dan penyetelan :fuel control, fuel selector valves !

BAB 5

E AGE

AND PRESERVATION

Perawatan engine pesawat terbang walaupun engine tersebut tidak di operasikan / tidak aktif untuk beberapa waktu lamanya, namun perawatan harus tetap dilakukan, agar engine tersebut tetap stand-by, tidak mengalami kerusakan selama penyimpanan. Tentang bagaimana model perawatan engine tersebut tentu satu sama lain mungkin berbeda. Untuk maksud perawatan tersebut harus selalu mengacu pada manual book dari engine yang bersangkutan.Perawatan engine selama engine tidak di operasikan disebut "preservation". Perlakuan terhadap engine dalam rangka mengakhiri preservation karena engine akan di operasikan disebut "Depreservation".

Prosedure yang akan dilaksanakan dalam preservation teresbut tergantung kepada jangka waktu engine tidak aktif, type preservation yang dilakukan, dan apakah engine tersebut dapat di putar atau tidak selama engine tidak aktif. Berikut ini diberikan contoh perawatan turbo prop engine PT.6-27

Engine Preservation Schedule

Perawatan berikut ini harus di ikuti, namun biar bagaimanapun kompresor dan turbin harus selalu dalam keadaan bersih, tidak ada kotoran atau debu yang menempel pada blade yang dapat mengakibatkan gangguan / hambatan terhadap aliran udara sehingga efisiensi kompresor dan turbin menurun.

a. 0 s/d 7 hari engine tidak aktif, engine dilindungi, kelembaban tidak terlalu tinggi dan perubahan suhu tidak terlalu tinggi untuk menghindari pengembunan di dalam ruang engine.

b. 8 s/d 28 hari tidak aktif, lakukan seperti point a diatas, taruh desiccant dalam wadah tertentu kemudian masukkan kedalam ruang dalam engine melalui exhaust duct. Setelah itu seluruh lubang ditutup dan pastikan desiccant dapat dimonitor dari luar.

c. 29 s/d 90 hari. Tetap lakukan seperti pada point b. Lakukan preservation pada fuel system.

d. 91 hari atau lebih, lakukan tetap seperti pada point c dan oil system harus di kuras (drained).

Catatan: selama proses perawatan, keberadaan desiccant selalu dimonitor apakah masih berfungsi dengan baik atau tidak. Jika desiccant sudah jenuh (tidak berfungsi lagi) harus segera diganti

B Engine Oil System Preservation

Engine oil preservation hanya dilakukan apabila engine tidak aktif lebih dari 90 hari. Sejak awal periksa batas pengoperasian maksimal dari engine tersebut di dalam manual.

a. Tutup shut off valve, kemudian motor di start (tanpa ignition) sampai tekanan oli naik dan Ng aktif. Kemudian hentikan tekanan terhadap tombol starting.

b. Kuras oli dari tanki oli, accessory gear box dan propeller reduction gear box

c. Dengan lubang penguras oli terbuka, engine di starting lagi sampai oli menetes habis dari lubang penguras. Waktu starting ini usahakan sesingkat mungkin karena engine berputar tanpa pelumasan adalah berbahaya.

d. Lepaskan saringan oli, dan biarkan oli menetes dari lubang saringan tersebut.

e. Biarkan oli menetes sampai habis, waktunya lebih kuraang satu setengah jam. Kemudian pasang saringan oli dan tutup semua lubang saluran penguras oli.

f. Pindahkan semua wadah tempat penampungan oli.

g. Tutup semua lubang untuk menghindari benda asing atau udara (uap air) masuk kedalam. Perhatian, jika engine masih tetap di pesawat, masukkan desiccant (MIL-D3464,grade1) dalam saluran gas buang dan saluran udara maasuk. Engine kembali ditutup dan desiccant
dapat di monitor dari luar tanpa membuka penutup engine.

h. Pasang penutup saluran pengisi oli, dan tulis tanggal perawatan

i. Pasang alat pengukur kelembaban (humidity indicator).

Perhatian, desiccant diperiksa setiap 2 minggu apabila pesawat terbang ditempatkan di ruang terbuka, dan sekali sebulan jika pesawat terbang ditempatkan didalam ruang tertutup. Jika kelembaban udara tercatat kurang dari 40% tidak perlu ada tindakan , namun jika kelembaban lebih dari 40% harus lakukan preservation lagi.

C Engine Fuel System Preservation

Dalam melakukan preservation pada fuel system harus sangat hati hati, jangan sampai ada benda benda asing masuk kedalam fuel system. Filter harus mampu menahan benda asing yang ukurannya lebih besar dari 10 micron.

a. Tutup fuel shutt 0ff valve. Lepaskan saluran masuk fuel ke oil fuel heater, kemudian saluran

fuel tersebut hubungkan dengan saluran oli yang sesuai.

Berikan oli pelumas (MIL-L-6081, grade 1010) pada tekanan antara 5 s/d 25 Psi pada temperatur 16°C.

Perhatiaan: Oli jangan sampai melumasi thermocouple dari ITT

Kontaminasi oli dengan kabel ITT dapat menimbulkan kerusakan pada kabel (harness) dari ITT tersebut.

b. Untuk mencegah oli masuk melalui saluran fuel, lepaskan saluran 1 dan 2 pada starting control. Biarkan oli keluar dari pipa tersebut kedalam kontainer yang telah disiapkan.

Perhatian : Amati batasan starting dalam manual yang dikeluarkan pabrik !

c. Tanpa ignition, engine di starting,dan start control pada posisi run.

Power control di gerak gerakkan dari posisi TAKE OFF ke IDLE berulang- ulang dan start kontrol digerak-gerakkan dari posisi CUT OFF ke RUN berulang ulang, lakukan seperti itu selama 30 detik

d. Setelah dilakukan motoring,amati apakah masih ada oli menetes dari saluran 2 (secondary

fuel line). Jika masih ada oli menetes ulangi di putar lagi engine melalui tekanan terhadap tombol starting

e. Kembalikan power control lever ke posisi IDLE dan start control ke posisi CUT-OFF.

Hubungkan lagi saluran fuel yang tadinya dilepas, kembali seperti semula

f. Pasang kembali semua lubang penutup.

D Engine Depreservation Schedule

Berikut ini adalah prosedure Depreservation:

a. 0 s/d 7 hari tidak perlu diambil tindakan
b. 7 s/d 28 hari, desiccant dikeluarkan, dan dipastikan bahwa semua penutup telah di buka sehingga tidak ada yang menghalangi kembali
c. 28 s/d 90 hari, sama dengan point b diatas, dan terhadap fuel system telah selesai dilakukan depreservation
d. 91 atau lebih, engine secara komplitselesai depreservation dan oil system telah di servis.

Persiapan sebelum engine di starting maka lakukan:

a. Isi oil tank sesuai dengan yang direkomendasikan.

Perhatian:1) Oil system tidak perlu dilakukan depreservation

2) Jika oli melumasi thermocouple, dapat merusak thermocouple system tersebut.

b. Lepaskan lagi saluran fuel line 1 dan 2
c. Gantikan preservative oli dari fuel system dengan menghubungkan kembali ke saluran bahan bakar pesawat terbang, kemudian engine di motoring (diputar melalui starting tanpa igniter)

d. Lanjutkan engine di motoring, dan power control lever dikembalikan ke IDLE dan starting control ke posisi CUTT-OFF. Hubungkan lagi semua pipa saluran untuk siap di operasikan
e. Semua connection dikencangkan, dengan torque 90 sampai 100 lb-in dan pasang lockwire

EVALUASI BAB 5

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan benar !

1. Jelaskan pengertian "preservation" dalam perawatan engine !
2. Jelaskan pengertian "depreservation" dalam perawatan engine !
3. Tindakan apa yang dilakukan jika 0-7 hari engine tidak aktif ?
4. Engine oil preservation dilakukan apabila engine tidak aktif lebih dari ... hari.
5. Jelaskan 5 langkah engine oil system preservation yang Anda ketahui !
6. Jelaskan 3 langkah engine fuel system preservation yang Anda ketahui !
7. Jelaskan 4 prosedur engine depreservation schedule !

BAB 6 IANCE

A Safety Precaution

Dalam perawatan pesawat terbang adalah sangat penting untuk memperhatikan seteliti mungkin tentang kemungkinan kemungkinan yang dapat terjadi selama proses perawatan pesawat terbang, sekaligus mengambil tindakan dan mempersiapkan segala sesuatu agar tidak terjadi kejadian yang buruk terhadap benda kerja maupun bagi personil sendiri. Sebetulnya prosedur perawatan engine pesawat terbang sangat bervariasi, tergantung kepada desain dan konstruksi engine tersebut. Detail prosedur yang di sarankan / direkomendasi oleh pabrik pembuat mesin pesawat harus di ikuti ketika melakukan pemeriksaan dan perawatan pesawat terbang. Secara umum dapat

dijelaskan bahwa selama melakukan perawatan engine pesawat terbang, ada hal hal yang berpotensi untuk terjadi kebakaran, misalnya sistem pengapian dengan lethal. Oleh karena itu sebelum bekerja sistem pengapian tegangan tinggi , busi atau kabel kabel busi,harus dilepas. Sebelum dilakukan pemutusan hubungan tegangan tinggi tersebut, sistem tersebut dalam keadaan aman misalnya switch dalam posisi of atau memutus hubungan ke circuit breaker. Dalam beberapa instalasi motor pesawat terbang sistem tersebut cukup dengan diisolasi saja.

Ketika oil system sedang diisi, perlu diperhatikkan bahwa tidak ada oli yang menetes / tercecer, jika itu terjadi harus segera dibersihkan. Oli tersebut jangan sampai melumuri pembungkus electrical harnes yang terbuat dari campuran karet. Oli tersebut juga bisa menjadi racun melalui peresapan melalui kulit manusia jika hal itu sering terjadi dan berlangsung dalam waktu yang lama. Mengisi oli jangan terlalu penuh. Kebocoran oli dapat terjadi jika posisi pesawat tidak level selama di ground atau pesawat dalam posisi off dalam waktu lama, dan bila tinggi permukaan oli tidak pernah diperiksa.

Sebelum melakukan pemeriksaan terhadap saluran udara masuk atau saluran gas buang, harus dipastikan bahwa tidak ada kemungkinan sistem starter dioperasikan atau sistim pengapian aktif.

Pemeriksaan yang terakhir yang harus dilakukan adalah saluran pemasukan dan sistim saluran buang harus diperiksa. Pemeriksaan Ini dilakukan setelah semua perbaikan, penyetelan, pergantian komponen dan sebagainya telah selesai dilakukan. Tujuannya untuk memastikan bahwa tidak ada benda benda yang tertinggal dalam engine. Kemudian saluran masuk dan saluran buang atau penutup engine harus dipasang jika engine tidak segera running.

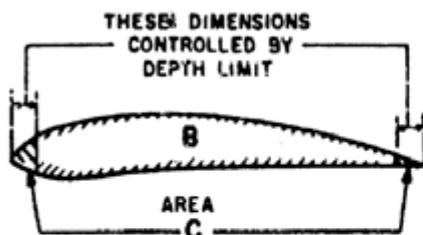
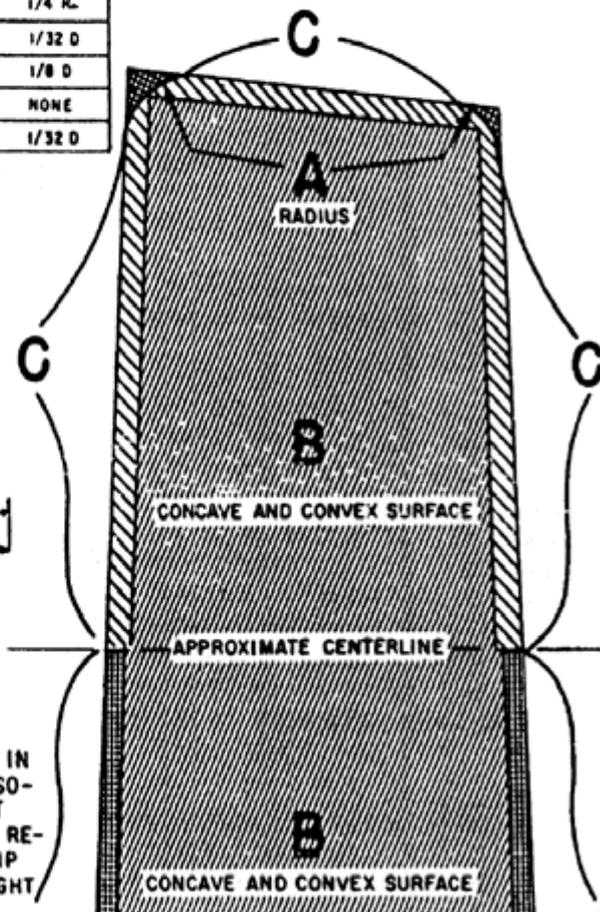
Untuk tujuan pemeriksaan, maka gas turbin engine dibagi dua bagian yaitu bagian dingin (cold section yaitu bagian kompresor dan bagian panas (hot section) yaitu turbine dan combustion chamber.

B Compressor Section

Perawatan terhadap kompresor adalah salah satu bagian yang penting dilakukan oleh mekanik karena kerusakan terhadap sudu sudu (blade) dapat mengakibatkan kegagalan engine. Kebanyakan kerusakan blade karena akibat dari benda benda asing yang masuk melalui saluran masuk (air intake). Keberadaan pesawat saat berada dekat pada altitude yang rendah atau berada di tanah (ground) ada kecenderungan saluran masuk akan kemasukan kotoran, debu, oli, dll. Gaya sentrifugal kompresor yang mendorong sejumlah udara yang masuk engine, kotoran tersebut akan tersebar ke dinding kompresor, vane dan blade kompresor. Timbunan kotoran yang terjadi pada blade kompresor akan menurunkan efisiensi blade dan performance engine, dan dapat mengakibatkan kerusakan yang fatal terhadap engine.

Untuk mencegah kemungkinan buruk terjadi pada engine, melaui pemeriksaan secara berkala, membersihkan dan perbaikan terhadap komponen kompresor engine, harus dilakukan.

MAXIMUM ALLOWABLE REPAIR LIMITS—INCHES				
	STEEL BLADES		TITANIUM BLADES	
BLADE AREA	STAGES		STAGES	
	1 through 4	5 through 9	1 through 4	5 through 9
A	5/16 R	1/4 R	5/16 R	1/4 R
B	1/32 D	1/32 D	1/32 D	1/32 D
C	5/32 D	1/8 D	5/32 D	1/8 D
D	008 D	005 D	NONE	NONE
E	1/32 D	1/32 D	1/32 D	1/32 D

R — RADIUS D — DEPTH

Gambar 33. Batasan wilayah perbaikan pada kompresor.

C Memeriksa dan Membersihkan Kompresor

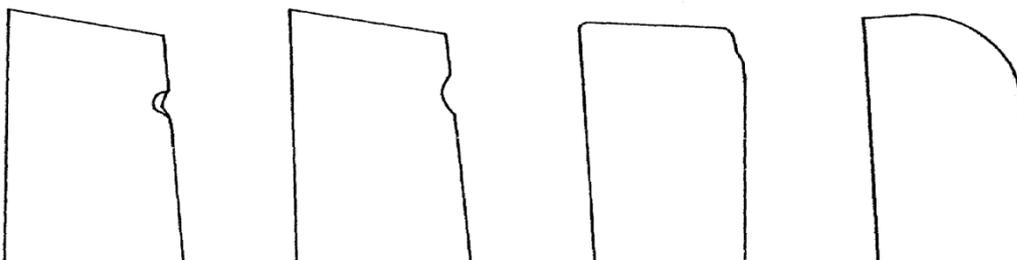
Kerusakan kecil pada blade axial kompresor mungkin dapat diperbaiki / dihilangkan asalkan setelah diperbaiki hasilnya masih dalam batas aman sesuai dengan petunjuk pabrik pembuat engine. Melalui gambar dan keterangan pada tabel seperti terlihat pada gambar 33 diperlihatkan batasan perbaikan kompresor. Ketika melakukan perbaikan pada bagian dalam separuh dari blade, harus dilakukan dengan sangat hati hati. Perbaikan blade yang diawali dengan pemeriksaan kompresor blade dilakukan dengan memakai magnetic atau dengan mengoleskan Fluorescent penetrant dye check pada dinding blade. Setelah permukaan yang ada bekas (traces) di gosok, maka permukaannya menjadi halus kembali, lihat gambar 34.

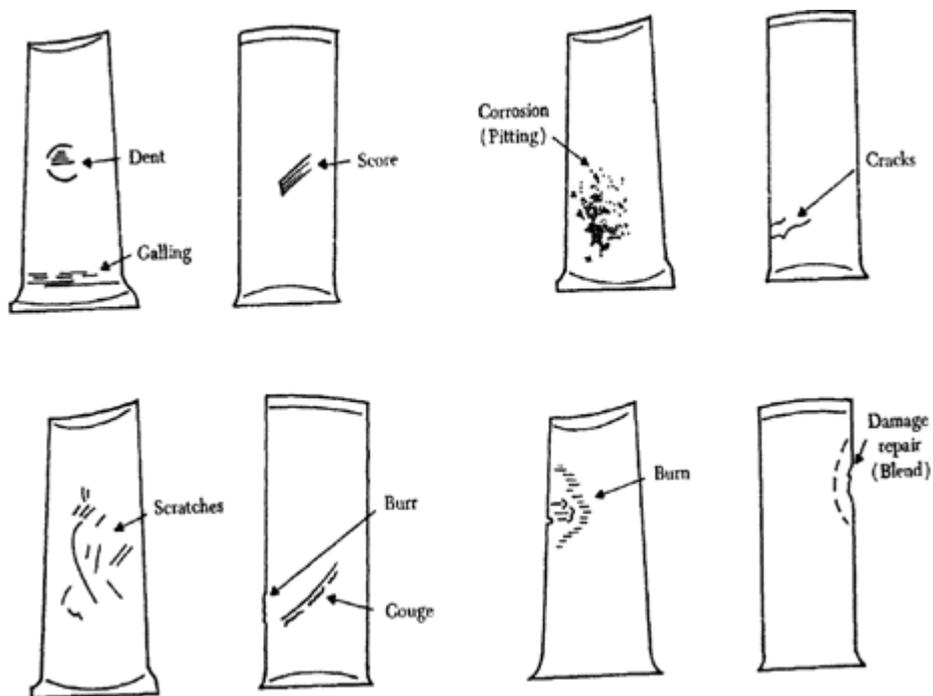
Tidak boleh ada retak yang dapat di tolerir pada permukaan dalam dari blade terebut. Menggosok bekas tersebut dibuat sejajar panjang blade, dan dilakukan dengan tangan menggunakan batu gosok, kikir atau kertas pasir. Jangan menggunakan tool yang digerakkan oleh mesin.

Bagian penciduk udara pada centrifugal kompresor sangat sulit diperiksa tanpa melepas saringan udara masuk. Setelah dilepas dan dicuci bersih, periksa dengan penerangan yang cukup. Sambil diperiksa kompresor tersebut diputar pelan sehingga seluruh permukaan dapat terdeteksi. Periksa terhadap keretakan, dan biasanya retak tersebut akibat dari kekurang telitian dalam penggantian atau akibat benda asing selama pengoperasian engine.

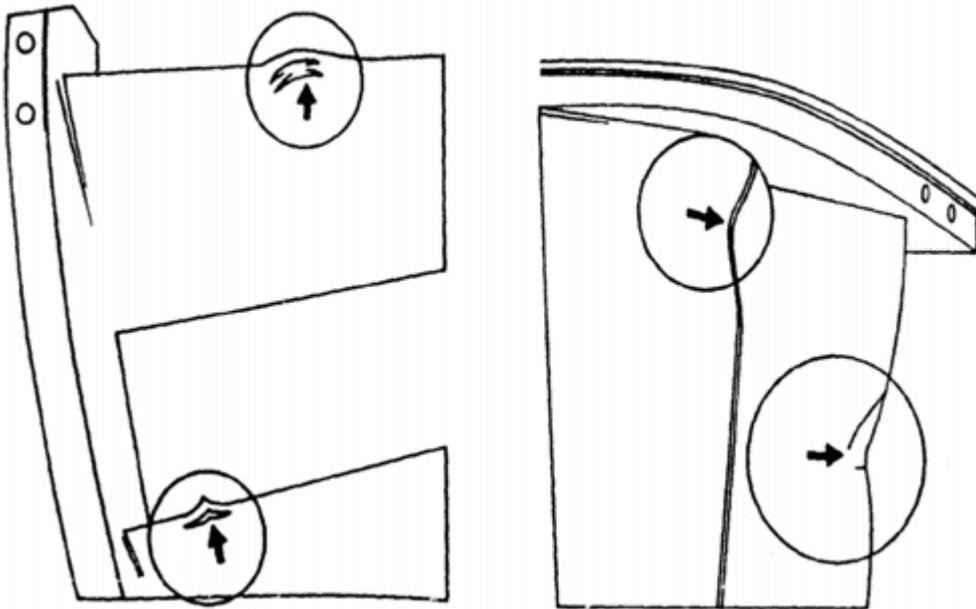
Jika kedalaman takik (nick) atau peot (dent) pada compressor inducer tidak melebihi ketentuan dalam instructional manual pada daerah kritis (1½s/d 2½ inches) dari tepi compresor inducers, perbaikan dapat dilakukan dengan cara menggosok, dan permukaan bekas gosok harus halus. Jika ada lubang (pitting), takik atau karat harus dikerjakan dengan cara menggosok.

D Penyebab kerusakan pada blade

Benda benda asing masuk kedalam engine apakah karena tidak sengaja atau karena kurang hati hati seperti pensil, saputangan , korek api dll, sering terjadi. Jangan pernah membawa benda apapun dalam kantong pakaian selama bekerja dilingkungan pesawat terbang.

Blade rusak Setelah digosok Blade rusak Setelah digosok

Gambar 34. Perbaikan blade kompresor

Gambar 35. contoh kerusakan pada axial kompresor blade

Cara sederhana untuk memastikan kemungkinan masuk benda asing kedalam engine adalah memeriksa tool sebelum dan sesudah bekerja. Sebelum melakukan starting engine, periksa bagian saluran udara masuk apakah ada tertinggal disitu seperti: mur, baut, kawat pengunci atau tool dan lain lain. Gambar 35 memperlihatkan contoh kerusakan pada axial blade kompresor.

Lubang akibat korosi pada stator axial kompresor tidak perlu terlalu dipersoalkan asalkan lubang tersebut masih dalam batas toleransi. Dalam perbaikan sudu sudu kompresor, jangan pernah mencoba: meluruskan, menyolder, mengelas, brazing.

Sebelum di gosok Sesudah di gosok

Gambar 36. kerusakan pada trailing edge pada sudu penyearah

Gunakanlah kertas gosok (amplas), kikir halus, batu gosok, dan keluarkan material kerusakan seminimum mungkin.

Pemeriksaan dan perbaikan terhadap sudu sudu penyearah udara masuk (intake guide vane), swirl vane dan saringan pada centrifugal kompresor dibutuhkan pencahayaan yang sangat terang. Saringan perlu diperiksa apakah ada yang sobek, berlubang, pecah , dan jika ada bisa dilakukan perbaikan dengan cara di solder. Jika frame telah terpisah dengan rangka saringan, maka perlu dilakukan brazing ulang. Terhadap guide vane, swirls vane perlu diperiksa apakah ikatannya cukup kuat,apakah ada yang retak atau peot dan lain lain.

Menggosok dan memindahkan

Karena konstruksi blade tipis dan berlembah, menggosok bagian permukaan yang cekung dan cembung termasuk bagian leading edge harus dibatasi. Peot kecil dapat diterima jika kerusakan adalah bulat atau gradual dan tidak tajam atau berbentuk V dan tidak retak atau sobek. Pada gambar 36 diperlihatkan kerusakan pada trailing edge dapat di gosok jika 1/3 lapisan masih tersisa. Gunakanlah lampu dan kaca setiap memeriksa keretakan atau kerusakan pada bagian trailing edge atau bagian lainnya yang di akibatkan oleh benda benda asing.

Hot Section Inspection

Salah satu faktor yang menentukan umur gas turbin engine adalah pemeriksaan dan kebersihan dari bagian yang panas. Salah satu dari ketidak sesuaikan yang paling sering ditemukan dalam pemeriksaan pada bagian yang panas adalah retak. Keretakan ini dapat terjadi dalam berbagai bentuk, dan hanya dengan jalan menentukan apakah keretakan tersebut masih dalam batas toleransi atau tidak sesuai dengan manual yang dikeluarkan pabrik.

Membersihkan bagian yang panas biasanya tidak penting untuk tujuan perbaikan kemampuannya, akan tetapi menjadi sangat penting dilakukan pada saat penggantian dan melalui pembersihan adalah faktor terbesar untuk mencapai kesuksesan dalam pemeriksaan dan perbaikan. Bagian engine dibersihkan menggunakan bahan pelarut chlorinated (chlorinated solvent) yang aman terhadap semua logam tidak menimbulkan korosi.

Setelah engine mengalami perbaikan, ikuti petunjuk yang dikeluarkan pabrik untuk pemasangan kembali komponen tersebut agar bekerjanya engine efisien dan umurnya panjang. Performance engine dapat menurun jika penanganan egine tidak dilakukan dengan serius.

Perhatikan dengan sungguh sungguh, jangan sampai kotor, berdebu, kemasukan cotter pins, lockwire, mur, washers atau benda benda asing lainnya. Jika sampai kemasukan benda dimaksud, keluarkan benda tersebut walaupun butuh waktu banyak untuk mengeluarkannya.

Material untuk penandaan pada combustion chamber.

Dalam menandai bagian bagian kombustion chamber atau turbin boleh menggunakkan kapur untuk komponen yang berhubungan langsung dengan aliran gas panas seperti dinding kombustion chamber, turbin blade, turbin disk, turbin vane. Menggok dengan pensil bisa dilakukan bagi komponen yang tidak secara langsung berhubungan dengan gas panas. Tidak diperkenankan menggunakan carbon atau pensil karena dapat menimbulkan intergranular attack, yang mengakibatkan penurunan kekuatan engine.

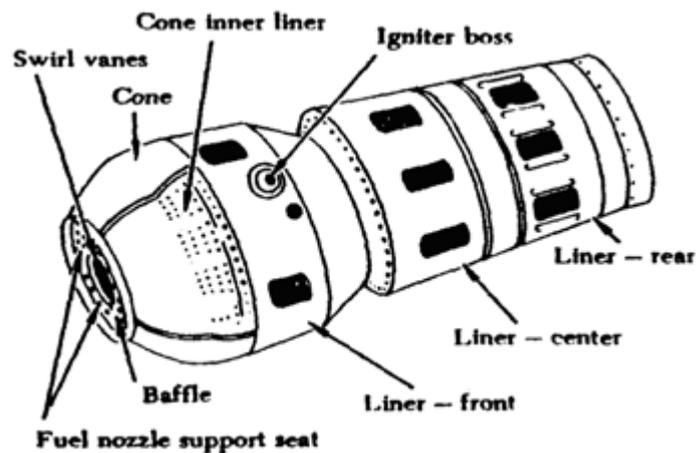
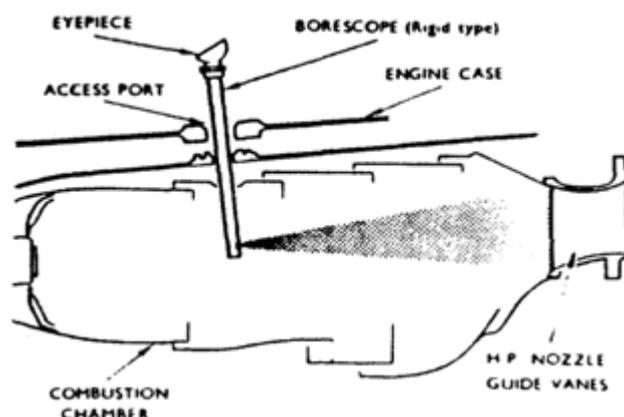
Pemeriksaan terhadap combustion chamber

Berikut ini adalah pemeriksaan secara umum terhadap bagian yang panas dari gas turbin engine yaitu terhadap ruang pembakaran dan turbin. Untuk ruang pembakaran, seluruh dinding luar dari ruang pembakaran harus diperiksa terhadap kebocoran, diperiksa terhadap kerusakan akibat terlalu panas, atau mungkin ada penyimpangan yang terjadi. Setelah ruang bakar di buka, periksa apakah ada bagian yang mengalami over heating, mengalami retak, atau kerusakan akibat pemakaian yang berlebihan. Periksa juga tingkat pertama sudu sudu turbin dan sudu sudu penyearah gas (nozzle guide vane), saluran keluar gas dari ruang bakar, apakah ada yang mengalami: retak, pembengkokan, atau kerusakan akibat benda asing.

Pemeriksaan dan perbaikan combustion chamber dan penutup combustion chamber. Pemeriksaan terhadap combustion chamber dengan menggunakan Penetrant dye check atau fluorescent penetrant. Setiap ada retak, takik atau peot pada bagian penutup, biasanya disebabkan oleh adanya benda benda tertentu yang terlempar kearah tersebut. Periksa juga disekitar lubang pengurasan fuel terhadap korosi. Periksa setiap sambungan las pada dinding dalam ruang bakar apakah ada tanda tanda akan lepas, dsb.

Ketika akan memperbaiki dinding dalam combu stion chamber, maka ikuti sesuai instructional manual. Jika ragu ragu apakah dapat diperbaiki (repair) atau tidak, maka sebaiknya ganti saja combustion chamber tersebut dengan yang baru.

Kombustion chamber harus diperbaiki atau diganti ketika diketahui terdapat dua buah retak, dan kedua retak tersebut ada kemungkinan akan bertemu satu sama lain. Jika combustion chamber pecah, ini akan dapat merusak blade turbin. Jika retaknya terpisah pada baffle dan tidak terlalu parah, ini dapat diabaikan. Retak pada baffle dan menghubungkan lebih dari dua lubang, ini harus diperbaiki. Retak pada cone jarang terjadi, namun jika ada, pasti akan merusak dinding combustion chamber. Retak yang melingkar pada bagian interconnector dan disekitar lubang busi dapat diterima selama belum melebihi batas toleransi yang ditetapkan. Gambar combustion chamber liner diperlihatkan pada gambar 37.

Sisa carbon yang tertinggal dalam fuel nozzle harus dibersihkan dengan cairan yang telah ditetapkan pabrik dan digosok atau disikat .

Gambar 37. combustion chamber liner nomenclature

Gambar 38 Pemeriksaan terhadap H.P. nozzle guide vane Fuel nozle dan pendukung.

Bersihkan sisa karbon dari nozle dengan cairan pembersih yang sesuai manual dan bersihkan kotoran tersebut dengan sikat yang lembut atau sepotong kayu. Adalah sangat perlu menyalurkan udara yang telah disaring melaui nozle selama pembersihan untuk membuang kotoran. Yakinkan bahwa semua bagian telah bersih. Keringkan semua dengan udara bersih. Akibat kehawatiran sifat spray yang dapat terganggu,jangan mencoba membersihkan fuel nozle dengan sikat kawat.

Pemeriksaan dan perbaikan terhadap turbin disk.

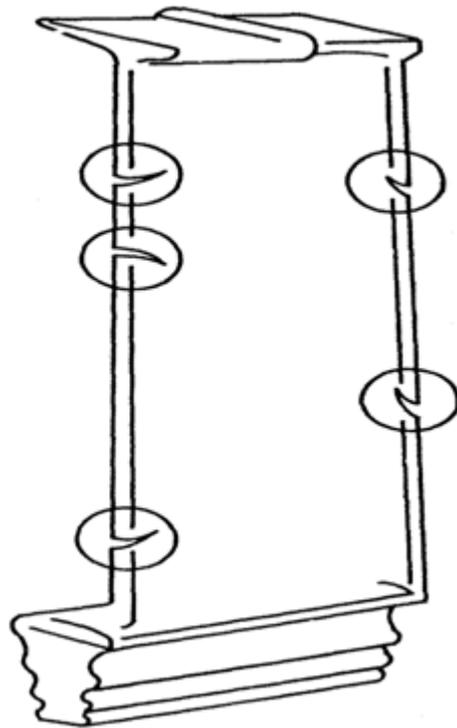
Pemeriksaan terhadap keretakan antara disk dengan blade adalah sangat penting dan jika terjadi retak didaerah ini maka turbin disk-nya harus diganti.

Pemeriksaan dan pencucian terhadap sudu sudu turbin adalah sangat penting dan dilakukan dengan cara yang sama seperti pada blade kompresor. Karena blade turbin menerima panas yang tinggi dari hasil pembakaran pembakaran bahan bakar, pasti lebih mudah mengalami kerusakan. Dalam pemeriksaan ini gunakanlah kaca pembesar dengan penerangan lampu yang sangat terang untuk memeriksa retakan seperti terlihat pada gambar 39 dan perubahan bentuk dari leading edge (gambar 40). Retakan tersebut biasanya muncul pada daerah leading edge atau trailing edge disepanjang blade.

Leading edge tersebut seharusnya lurus dan seragam ketebalannya, kecuali ia pernah mengalami perbaikan. Perubahan bentuk atau

retak yang terjadi biasanya karena panas yang berlebihan. Jika pada tingkat pertama turbin ditemukan retak atau perubahan bentuk, maka ini harus diwaspadai , pemeriksaan terhadap masing masing blade turbin dan turbin disk harus dilaksanakan.Jika ingin pemeriksaan yang lebih detail blade turbin harus dilepas dan blade no 1 dibuka lebih awal. Untuk keperluan pemeriksaan yang detail perhatikan gambar 41.

Prosedur penggantian turbin blade.

Blade turbin biasanya dapat dipertukarkan asalkan beratnya masih dalam batas yang ditentukan. Batasan ini ada dalam manual yang dikeluarkan pabrik.

Gambar 39. Stress menimbulkan pecah atau retak.

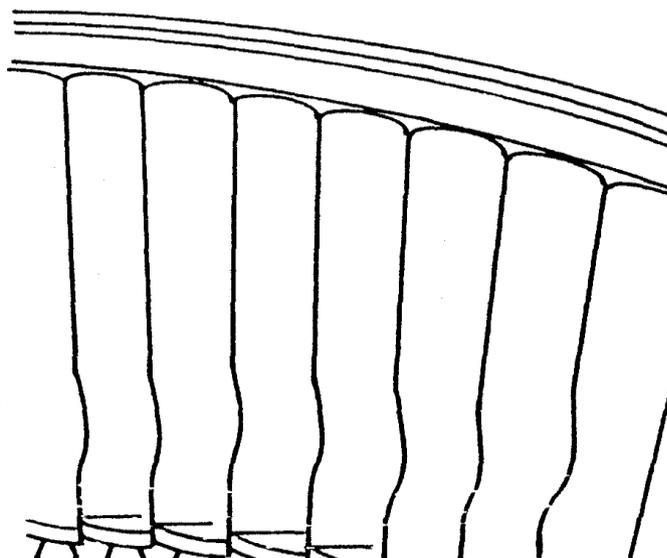
Jika dalam pemeriksaan terhadap blade turbin ditemukan beberapa kerusakan, retak, atau bladenya terkikis penggantian seluruh blade mungkin lebih menguntungkan dari pada mengganti blade yang rusak saja.

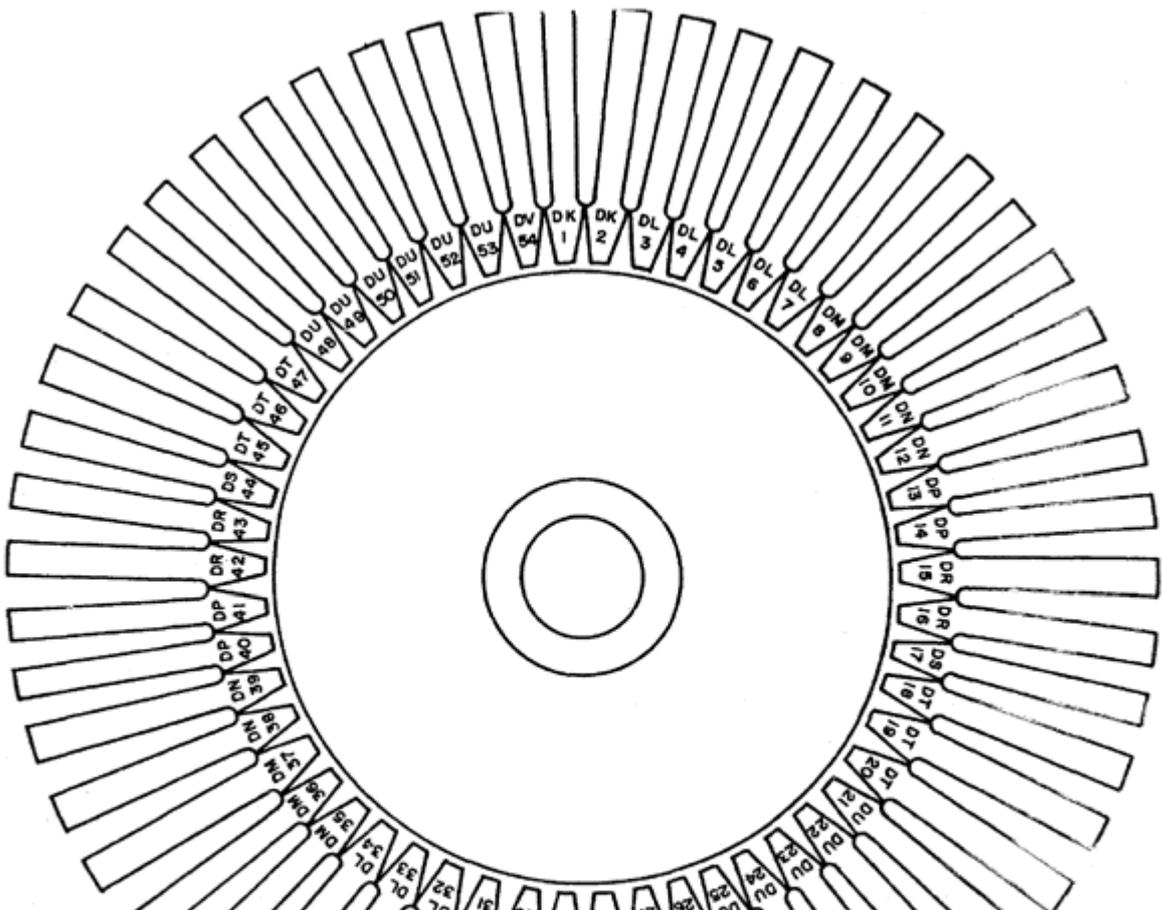
Setelah blade mengalami perbaikan dari kerusakan maka berat berat blade akan berkurang dan bisa menimbulkan getaran yang hebat apabila penempatan blade tersebut tidak di tata ulang.

Permulaan pengaturan posisi masing masing blade adalah sebagai berikut: Jika jumlah blade 54 buah, maka diberi tanda huruf berpasangan (dua blade mempunyai kode yang sama yang beratnya juga sama) sesuai hasil pengetesan berat dalam timbangan. Kode tadi menunjukkan berat yang sama dalam satuan onz dan dituliskan pada bagian belakang blade. Pasangan blade yang paling berat adalah nomor 1 dan 28. pasangan blade no 2 paling berat adalah nomor 2 dan 29 dan selanjutnya adalah blade nomor 3 paling berat yaitu nomor 3 dan 30. Ini diteruskan sampai nomor yang terakhir.

Tanda nomor 1 pada permukaan hub pada turbin disk dipasangkan blade nomor 1, selanjutnya blade sisa dipasang berurutan seperti terlihat pada gambar 41. Dengan pemasangan seperti ini diharapkan getaran yang terjadi saat operasi adalah kecil sekali.

Pemeriksaan terhadap turbin nozzle vane.

Setelah membuka dan melepas combustion chamber maka tingkat pertama turbin blade dan turbin nozzle vane telah dapat diperiksa. Jika ada megalami pengok (dent) atau torehan (scratch) masih dapat diterima asal kedalaman dan kerusakan tersebut masih dalam batas yang ditetapkan, dan tentunya kerusakan tersebut dibuang seperti halnya yang dilakukan terhadan blade turbin. Pemeriksaan turbin nozzle terhadap cekungan (bowing) masing masing vane adalah penting.

Gambar 40 perubahan bentuk pada leading edge.

Kerusakan pada turbin nozzle ini menunjukkan nozzle kurang berfungsi. Bowing pada bagian trailing edge biasanya lebih besar, dan apabila ini terjadi pada trailing edge maka dengan sendirinya bagian leading edge tidak ada masalah.

Gambar 41. Penyusunan blade sesuai dengan urutan berat

Pemeriksaan vane terhadap tekukan atau retak.

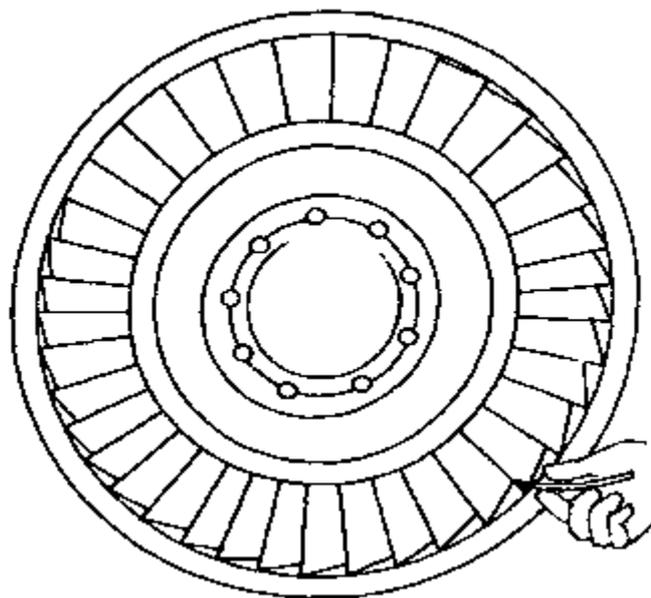
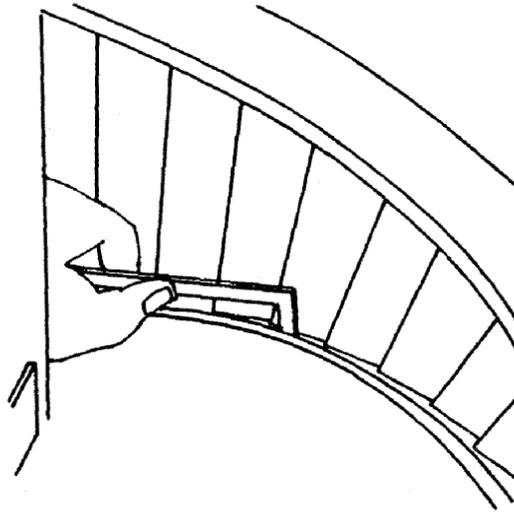
Jika ditemukan tekukan kecil pada vane tidak menjadi masalah asal masih batas yang di ijinkan. Seperti halnya dengan blade turbin, adalah lebih baik untuk mengganti semua vane dengan vane yang baru jika sejumlah vane mengalami kerusakan.

Ketika pipa pembuangan sedang di buka turbin tingkat ahkir dapat diperiksa terhadap retak atau adanya tanda-tanda stress. Melalui nozle tingkat terahkir juga dapat diperiksa turbin tingkat akhir dengan memakai lampu yang sangat terang.

Kerenggangan (clearances)

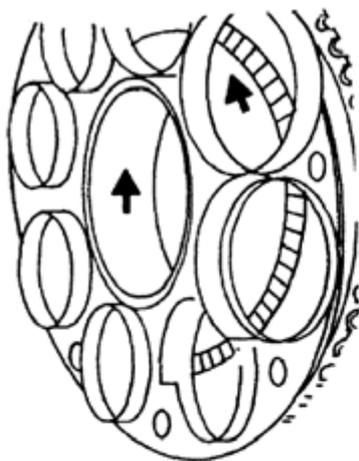
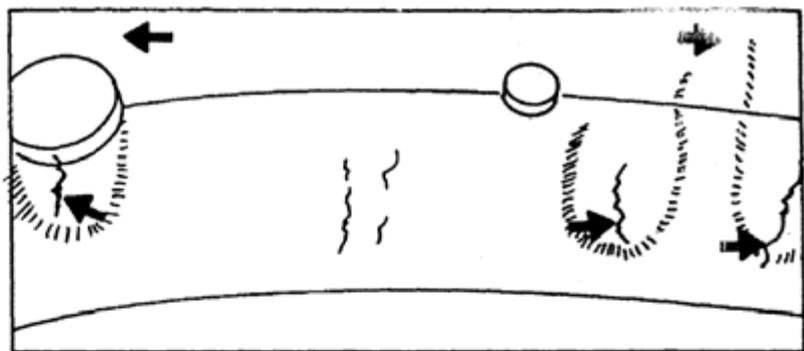
Pemeriksaan terhadap kerenggangan adalah salah satu prosedur dalam perawatan bagian turbin. Dalam manual selalu dijelaskan tentang prosedur dan toleransi yang di ijinkan

dalam memeriksa kerenggangan pada blade turbin. Gambar 42, 43 dan 44 pengukuran kerenggangan pada berbagai lokasi.

Gambar 42: Kerenggangan pada penempatan blade turbin

Gambar 43: Pengukuran kelonggaran pada ujung blade turbin

Gambar 44 : Pengukuran kelonggaran turbin terhadap exhaust cone

Pemeriksaan terhadap bagian pengeluaran gas

Bagian pengeluaran gas buang sangat mudah mengalami retak akibat panas. Bagian ini harus selalu diperiksa setiap kali melakukan pemeriksaan terhadap combustion chamber dan turbin. Tail cone dan pipa harus diperiksa apakah ada retak, melengkung atau ketekuk. Jika terjadi hotspots pada tail cone ini pertanda bahwa fuel nozzle atau pembakaran tidak berfungsi dengan baik. Prosedur pemeriksaan dan perbaikan terhadap bagian yang mengalami panas dalam gas turbin engine adalah serupa dengan yang dilakukan terhadap gas turbin engine lainnya. Yang berbeda hanyalah nama bagian dan cara

melepas / memasang bagian tersebut, peralatan yang digunakan, cara perbaikan dan batasan yang di ijinkan (limit).

Turbine nozzle assembly.

Turbine nozzle assembly at junction of combustion chamber outlet duct and turbine nozzle outer case.

Gambar 45: Jenis jenis kerusakan pada turbin nozzle

EVALUASI BAB 6

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan benar !

1. Jelaskan hal-hal yang perlu Anda perhatikan saat melaksanakam proses perawatan pesawat udara !
2. Jelaskan hal-hal yang perlu diperhatikan saat Anda mengisi oil system !
3. Jelaskan yang dimaksud dengan *cold section* dan *hot section* dalam gas turbinr engine!
4. Jelaskan tujuan membersihkan kompresor!
5. Sebutkan media yang bisa digunakan untuk memeriksa kondisi fisik blade!
6. Jelaskan penyebab yang bisa menimbukan kerusakan pada blade kompresor!
7. Jelaskan bagaimana penanganan terhadap kerusakan pada blade kompresor akibat cekung atau cembung !
8. Jelaskan factor-faktor yang harus diperiksa terhadap engine hot section , agar umur pakai engine lebih lama!
9. Sebutkan material yang boleh digunakan untuk penandaan pada combustion chamber!
10. Jelaskan bagian-bagian yang harus diperiksa dalam ruang pembakaran !
11. Jelaskan hal-hal yang harus dilakukan saat pemeriksaan turbin disk!
12. Setelah blade mengalami perbaikan dari kerusakan, penempatan blade tersebut harus di tata ulang, jelaskan alasannya !
13. Jelaskan hal-hal yang harus dilakukan saat pemeriksaan turbin nozzle vane !!
14. Jelaskan penyebab yang mengharuskan adanya penggantian pada vane !
15. Jelaskan lokasi untuk pengukuran kerenggangan blade turbine!
16. Jelaskan bagian-bagian pengeluaran gas yang harus diperiksa !

DAFTAR PUSTAKA

- AIRFRAME & POWERPLANT MECHANICS POWERPLANT HANDBOOK,US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA), 1976
- AIRFRAME & POWERPLANT MECHANICS POWERPLANT HANDBOOK,US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA), COPY RIGHT BY SUMMIT AVIATION INC., 1992-2006